

Предварительная диссертация о небесных механизмах

Мэри Сомервилл

A

Preliminary Dissertation

ON THE

MECHANISM OF THE HEAVENS.

BY

MRS. SOMERVILLE.

PHILADELPHIA :
CAREY & LEA.
1832.

Электронная книга проекта "Гутенберг" Предварительной диссертации о механизмах Небес

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Предварительная диссертация о небесных механизмах

Автор: Мэри Сомервилл

Дата выхода: 12 февраля 2022 г. [Электронная книга № 67386]

Последнее обновление: 18 октября 2024 г.

Язык: Английский

Оригинальная публикация: США: Carey & Lea, 1832

Кредиты: Лаура Натал Родригес (Изображения предоставлены цифровой библиотекой Hathi Trust).

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА " ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА" - ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ
ДИССЕРТАЦИЯ О МЕХАНИЗМАХ НЕБЕС ***

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ДИССЕРТАЦИЯ О МЕХАНИЗМЕ НЕБЕС

ОТ МИССИС СОММЕРВИЛЬ

ФИЛАДЕЛЬФИЯ:

КЭРИ И ЛЕА

1832

Чтобы дать некоторое представление о цели этой работы, может быть полезно предложить несколько предварительных замечаний о природе предмета, который она призвана исследовать, и о средствах, которые уже были с таким успехом применены для того, чтобы сделать доступными нашим способностям те истины, которые, казалось бы, находятся так далеко за их пределами.

Все знания, которыми мы обладаем о внешних объектах, основаны на опыте, который дает знание фактов, и сравнение этих фактов устанавливает отношения, из которых индукция, интуитивная вера в то, что сходные причины будут производить сходные следствия, приводит нас к общим законам. Таким образом, опыт учит, что тела падают на поверхность земли с ускоренной скоростью, пропорциональной их массам. Путем сравнения Ньютон доказал, что сила, вызывающая падение тел на поверхность Земли, идентична силе, удерживающей Луну на ее орбите; а индукция привела его к выводу, что подобно тому, как Луна удерживается на своей орбите за счет притяжения земли, так и планеты могут удерживаться на своих орбитах за счет притяжения солнца. Такие шаги привели его к открытию одной из тех сил, с помощью которых Творец предопределил, что материя должна взаимно воздействовать на материю.

Физическая астрономия - это наука, которая сравнивает и отождествляет законы движения, наблюдаемые на земле, с движениями, происходящими на небесах, и которая прослеживает путем непрерывной цепи выводов из великого принципа, управляющего Вселенной, вращения планет и колебания жидкостей на их поверхностях, и которая оценивает изменения, которые система претерпела до сих пор или может претерпеть в будущем, изменения, для осуществления которых требуются миллионы лет.

Совместные усилия астрономов с самого начала зарождения цивилизации были необходимы для создания механической теории астрономии: движения планет наблюдались веками с такой настойчивостью, которая поражает, если принять во внимание несовершенство и даже нехватку инструментов. Реальные движения земли были отделены от видимых движений планет; были открыты законы вращения планет; и открытие этих законов привело к знанию гравитации материи. С другой стороны, исходя из принципа всемирного тяготения, каждое движение в мировой системе было объяснено настолько полно, что теперь невозможно передать потомству ни одно астрономическое явление, законы которого не были бы определены.

Наука, рассматриваемая как поиск истины, которая может быть достигнута только терпеливым и непредвзятым исследованием, в котором нет ничего слишком великого, чтобы пытаться, ничего столь незначительного, чтобы им справедливо пренебрегали, всегда должна вызывать исключительный интерес и возвышенные размышления. Созерцание произведений творения возвышает ум до восхищения всем великим и благородным, достигая цели всякого изучения, которая, выражаясь изящным языком сэра Джеймса Макинтоша, заключается в том, чтобы внушать любовь к истине, мудрости, красоте, особенно к добру, высшей красоте, и к тому высшему и вечному разуму, который содержит в себе всю истину и мудрость, всю красоту и доброту. Любовью или восхитительным созерцанием и стремлением к этим трансцендентным целям только ради них самих разум человека возвышается над низменными и преходящими объектами и подготавливается к тем высоким судьбам, которые уготованы всем, кто на них способен.

Небеса представляют собой самый возвышенный предмет изучения, который только может быть получен наукой: величина и великолепие объектов, непостижимая скорость, с которой они движутся, и огромные расстояния между ними создают в уме некоторое представление об энергии, которая поддерживает их движение с долговечностью, которой мы не видим пределов. Столь же очевидна доброта великой Первопричины в том, что она наделила человека способностями, с помощью которых он может не только оценить великолепие своих творений, но и с точностью проследить действие своих законов, использовать земной шар, на котором он нас населяет, в качестве основы для измерения величины и расстояния до солнца и планет и сделать диаметр земной орбиты первой ступенью шкалы, по которой он может подняться на звездный небосвод. Такие занятия, хотя и облагораживают разум, в то же время прививают смирение, показывая, что существует барьер, который никакая энергия, ментальная или физическая, никогда не позволит нам преодолеть: что, как бы глубоко мы ни проникали в глубины космоса, все еще остаются бесчисленные системы, по сравнению с которыми те, которые кажутся нам такими могущественными, должны уменьшиться до незначительности или даже стать невидимыми; и что не только человек, но и земной шар, на котором он обитает, более того, вся система, столь малую часть которой он составляет, может быть уничтожена, и ее исчезновение приведет к будье невосприимчивы к необъятности или творению.

Полное знакомство с физической астрономией может быть достигнуто только теми, кто хорошо разбирается в высших областях математики и механики: только они могут оценить чрезвычайную красоту результатов и средств, с помощью которых эти результаты получены. Тем не менее, достаточный навык анализа, позволяющий следовать общему плану, видеть взаимную зависимость различных частей системы и понимать, какими средствами были получены некоторые из самых экстраординарных выводов, доступен многим, кто уклоняется от этой задачи, напуганный трудностями, которые, возможно, не более серьезны, чем те, которые возникают при изучении элементов каждой отрасли знания, и, возможно, переоценивает их, не проводя достаточного различия между степенью математических знаний, необходимой для совершения открытий, и той, которая необходима для понимания того, что сделали другие. То, что изучение математики и ее применение к астрономии представляют большой интерес, признают все, кто посвятил свое время и внимание этим занятиям, и только они могут оценить радость от достижения истины, будь то открытие мира или нового свойства чисел.

Ньютоном было доказано, что частица вещества, помещенная вне поверхности полый сферы, притягивается ею таким же образом, как если бы ее масса или вся материя, которую она содержит, были собраны в ее центре. Следовательно, то же самое верно и для твердой сферы, которая, как можно предположить, состоит из бесконечного числа концентрических полых сфер. Однако это не относится к сфероиду, но небесные тела настолько близки к сферической форме и находятся на таких больших расстояниях друг от друга, что они притягиваются, как если бы каждое было плотной точкой, расположенной в своем центре тяжести, - обстоятельство, которое значительно облегчает исследование их движений.

Притяжение земли к телам на ее поверхности на этой широте, квадрат синуса которой равен $\frac{1}{3}$, такое же, как если бы она была сферой; и опыт показывает, что тела там падают с высоты 16,0697 футов в секунду. Среднее расстояние Луны от земли примерно в шестьдесят раз превышает средний радиус Земли. Когда число 16.0697 уменьшается в соотношении 1 к 3600, что является квадратом расстояния Луны от земли, оказывается, что это именно то пространство, через которое луна провалилась бы в первую секунду своего падения на землю,

если бы ей не помешала центробежная сила, возникающая из-за скорости, с которой она движется по своей орбите. Таким образом, Луна удерживается на своей орбите силой, имеющей то же происхождение и регулируемой тем же законом, что и сила, заставляющая камень падать на поверхность земли. Следовательно, землю можно рассматривать как центр силы, которая распространяется на Луну; но поскольку опыт показывает, что действие и противодействие материи равны и противоположны, Луна должна притягивать землю с равной и противоположной силой.

Ньютон доказал, что тело, спроецированное в пространстве, будет двигаться в коническом сечении, если его притягивать силой, направленной к неподвижной точке и имеющей интенсивность, обратно пропорциональную квадрату расстояния; но любое отклонение от этого закона заставит его двигаться по кривой иного характера. Кеплер установил путем непосредственного наблюдения, что планеты описывают эллипсы вокруг солнца, а более поздние наблюдения показывают, что кометы также движутся по коническим сечениям: отсюда следует, что солнце притягивает все планеты и кометы обратно пропорционально квадрату их расстояний от его центра; следовательно, солнце является центром силы, бесконечно простирающейся в пространстве и включающей в свое действие все тела системы.

Кеплер также вывел из наблюдений, что квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца пропорциональны кубам их средних расстояний от его центра: отсюда следует, что интенсивность притяжения всех тел к солнцу одинакова на равных расстояниях; следовательно, притяжение пропорционально массам, ибо, если предположить, что планеты и кометы находятся на равных расстояниях от солнца и предоставить действию силы тяжести, они достигли бы его поверхности в одно и то же время. Спутники также притягиваются к своим основным точкам в соответствии с тем же законом, по которому их основные точки притягиваются к солнцу. Следовательно, по закону действия и противодействия каждое тело само является центром силы притяжения, простирающейся бесконечно в пространстве, откуда происходят все взаимные возмущения, которые делают небесные движения такими сложными и их исследование таким трудным.

Гравитация материи, направленная к центру и притягивающаяся непосредственно как масса и обратно пропорционально квадрату расстояния, не принадлежит ей, когда она взята в массе; частица действует на частицу по тому же закону, когда они находятся на ощутимых расстояниях друг от друга. Если бы солнце воздействовало на центр земли, не притягивая каждую из ее частиц, приливы были бы намного сильнее, чем сейчас, и в других отношениях они также были бы совсем другими. Притяжение земли к Солнцу является результатом притяжения всех ее частиц, которые, в свою очередь, притягивают солнце в соотношении своих соответствующих масс. Аналогично существует взаимодействие между землей и каждой частицей на ее поверхности; если бы это было не так, и если бы любая часть земли, какой бы маленькой она ни была, притягивала другую часть и не притягивалась сама, центр тяжести земли был бы перемещен в пространстве, что невозможно.

Форма планет является результатом взаимного притяжения составляющих их частиц. Отделенная текучая масса, находясь в состоянии покоя, приняла бы форму сферы из-за взаимного притяжения ее частиц; но если масса вращается вокруг оси, она становится сплюснутой на полюсах и выпуклой на экваторе вследствие центробежной силы, возникающей из-за скорости вращения. Ибо центробежная сила уменьшает гравитацию частиц

на экваторе, и равновесие может существовать только тогда, когда эти две силы уравниваются увеличением силы тяжести; следовательно, поскольку сила притяжения одинакова для всех частиц на равных расстояниях от центра сферы, экваториальные частицы будут удаляться от центра до тех пор, пока их увеличение в количестве не уравнивает центробежную силу своим притяжением, следовательно, сфера станет сплюснутым сфероидом; и жидкость, частично или полностью покрывающая твердое тело, как океан и атмосфера покрывают землю, должна принять эту форму, чтобы оставаться в равновесии. Таким образом, поверхность моря имеет сфероидальную форму, а поверхность земли отклоняется от этой фигуры только там, где она поднимается выше или опускается ниже уровня моря; но отклонение настолько мало, что оно несущественно по сравнению с величиной земли. Такова форма земли и планет, но сжатие или сплющивание у их полюсов настолько мало, что даже Юпитер, вращение которого наиболее быстрое, мало отличается от сферы. Хотя планеты притягиваются друг к другу, как если бы они были сферами, из-за их огромных расстояний, все же спутники находятся достаточно близко, чтобы формы их основных звезд оказывали ощутимое влияние на их движение. Луна, например, находится так близко к земле, что взаимное притяжение между каждой из ее частиц и каждой из частиц в выступающей массе на земном экваторе вызывает значительные нарушения в движениях обоих тел. Ибо воздействие луны на вещество на экваторе Земли вызывает нутацию оси вращения, а реакция этого вещества на луну является причиной соответствующей нутации на лунной орбите.

Если сфера, находящаяся в состоянии покоя в пространстве, получает импульс, проходящий через ее центр тяжести, все ее части будут двигаться с одинаковой скоростью по прямой; но если импульс не проходит через центр тяжести, ее частицы, обладающие неодинаковыми скоростями, будут придавать ей вращательное движение одновременно с ее перемещением в пространстве. Эти движения независимы друг от друга, так что встречный импульс, проходящий через его центр тяжести, будет препятствовать его продвижению, не мешая его вращению. Поскольку солнце вращается вокруг оси, представляется вероятным, если его центру тяжести не был дан импульс в противоположном направлении, что оно движется в пространстве в сопровождении всех тех тел, которые составляют солнечную систему, - обстоятельство, которое никоим образом не повлияло бы на их относительные движения; ибо, как показывает наш опыт, сила пропорциональна скорости, взаимное притяжение системы остается неизменным, находится ли ее центр тяжести в покое или равномерно перемещается в пространстве. Подсчитано, что если бы земля пришла в движение от единственного импульса, то такой импульс должен был пройти через точку примерно в двадцати пяти милях от ее центра.

Поскольку движения вращения и перемещения планет независимы друг от друга, хотя, вероятно, передаются одним и тем же импульсом, они образуют отдельные объекты исследования.

Планета движется по своей эллиптической орбите со скоростью, меняющейся каждое мгновение, вследствие действия двух сил, одна из которых стремится к центру солнца, а другая - по касательной к ее орбите, возникающих в результате первоначального импульса, данного в момент запуска в космос: если бы сила, действующая по касательной, прекратилась, планета упала бы к солнцу под действием своего притяжения; если бы солнце не притягивало ее, планета улетела бы по касательной. Таким образом, когда планета находится в своем афелии или в точке, где орбита наиболее удалена от солнца, его действие преодолевает ее скорость и приближает ее к нему с таким ускоренным движением, что она, наконец, преодолевает

притяжение солнца и проносится мимо него; затем, постепенно уменьшая скорость, она достигает афелия, где притяжение солнца снова преобладает. В этом движении радиусы-векторы, или воображаемые линии, соединяющие центры солнца и планет, проходят по равным площадям за равное время.

Если бы планеты притягивались только солнцем, таким всегда был бы их курс; и поскольку его действие пропорционально его массе, которая неизмеримо больше массы всех планет, вместе взятых, эллиптическое направление является ближайшим приближением к их истинным движениям, которые чрезвычайно сложны вследствие их взаимного притяжения, так что они движутся не по какой-либо известной или симметричной кривой, а по траекториям, то приближающимся к эллиптической форме, то удаляющимся от нее, и их радиусы-векторы не описывают области, точно пропорциональные времени. Таким образом, эти районы становятся проверкой на существование возмущающих сил.

Определить движение каждого тела, когда ему мешают все остальные, не под силу анализу; следовательно, необходимо оценить возмущающее действие одной планеты за раз, отсюда возникает знаменитая проблема трех тел, которая первоначально была проблемой луны, земли и солнца, а именно: даны массы трех тел, спроецированных из трех заданных точек, со скоростями, заданными как по количеству, так и по направлению; и предположив, что тела притягиваются друг к другу с силами, которые прямо пропорциональны их массам и обратно пропорциональны квадратам расстояний, найти линии, описанные по этим телам и их положению в любой данный момент.

С помощью этой задачи определяются поступательные движения всех небесных тел. Это чрезвычайно трудный процесс, и он был бы бесконечно большим, если бы возмущающее воздействие не было очень малым по сравнению с центральной силой. Поскольку возмущающее влияние каждого тела может быть обнаружено отдельно, предполагается, что действие всей системы при возмущении любой отдельной планеты равно сумме всех частных возмущений, которые она испытывает, исходя из общего механического принципа, согласно которому сумма любого числа малых колебаний почти равна их одновременному и совместному эффекту.

Из-за взаимного действия материи устойчивость системы зависит от интенсивности первоначального импульса планет и отношения их масс к массе Солнца: ибо природа конических сечений, по которым движутся небесные тела, зависит от скорости, с которой они впервые были перемещены в пространстве; если бы эта скорость была такой, чтобы планеты двигались по орбитам неустойчивого равновесия, их взаимное притяжение могло бы превратить их в параболы или даже гиперболы; так что земля и планеты могли бы давным-давно пронестись сквозь бездну пространства; но поскольку орбиты, по которым движутся планеты, изменяются. очень мало отличающиеся от кругов, импульсы планет при проецировании должны были быть в точности достаточными для обеспечения постоянства и стабильности системы. Кроме того, масса солнца неизмеримо больше массы планет; и поскольку их неравномерность имеет такое же отношение к их эллиптическим движениям, как их массы к массе солнца, их взаимные возмущения увеличивают или уменьшают эксцентриситеты их орбит лишь на очень малые величины; следовательно, величина массы Солнца является главной причиной стабильности системы. В физическом мире нет более великолепного

примера приспособления средств к достижению цели, чем это проявляется в прекрасном согласовании этих сил.

Орбиты планет имеют очень малый наклон к плоскости эклиптики, по которой движется земля; и по этой причине астрономы соотносят свои движения с ней в данную эпоху как с известным и фиксированным положением. Траектории планет, если не учитывать их взаимные возмущения, представляют собой эллипсы, почти приближающиеся к окружностям, плоскости которых слегка наклонены к эклиптике: разрежьте ее прямыми линиями, проходящими через центр солнца; точки, где орбита пересекает плоскость эклиптики, являются ее узлами.

Орбиты недавно открытых планет больше отклоняются от эклиптики: орбита Паллады наклонена к ней на 35° : по этой причине будет труднее определить их движение. Эти маленькие планеты не оказывают заметного влияния на остальные, хотя их собственные движения становятся очень нерегулярными из-за близости Юпитера и Сатурна.

Планеты подвержены возмущениям двух различных видов, оба являются результатом постоянного действия их взаимного притяжения, один вид зависит от их положения друг относительно друга, начинается с нуля, увеличивается до максимума, уменьшается и снова становится нулевым, когда планеты возвращаются в те же относительные положения. Вследствие этого возмущенная планета иногда удаляется от солнца, иногда приближается к нему; в одно время она проходит над плоскостью своей орбиты, в другое время - под ней, в зависимости от положения возмущающего тела. Все такие изменения, происходящие за короткие периоды, некоторые за несколько месяцев, другие за годы или за сотни лет, называются Периодическими неравенствами.

Неравенства другого рода, хотя и вызванные аналогичным образом возмущающей энергией планет, полностью независимы от их взаимного положения; они зависят только от взаимного положения орбит, форма и расположение которых в пространстве изменяются очень незначительными величинами за огромные промежутки времени и поэтому называются вековыми неравенствами.

Вследствие возмущений такого рода асимиды, или конечности главных осей всех орбит, имеют прямое, но переменное движение в пространстве, за исключением орбит Венеры, которые ретроградны; а линии узлов движутся с переменной скоростью в противоположном направлении. Движения обеих планет чрезвычайно медленные; требуется более 109770 лет, чтобы большая ось земной орбиты совершила звездный оборот, и 20935 лет, чтобы завершить свое тропическое движение. Большой оси орбиты Юпитера требуется не менее 197561 года, чтобы совершить свой оборот из-за возмущающего действия одного только Сатурна. Периоды, в течение которых вращаются узлы, также очень велики. Помимо этого, наклон и эксцентриситет каждой орбиты находятся в состоянии постоянного, но медленного изменения. В настоящее время наклоны всех орбит уменьшаются, но так медленно, что наклон орбиты Юпитера сейчас всего на шесть минут меньше, чем был в эпоху Птолемея. Эксцентриситет земли уменьшается со скоростью 3914 миль за столетие; и если бы он уменьшался равномерно, то прошло бы 36300 лет, прежде чем орбита земли приобрела форму круга. Но посреди всех этих превратностей главные оси и среднее движение планет остаются постоянно независимыми от вековых изменений; они настолько связаны законом Кеплера о том, что квадраты периодических времен пропорциональны кубам средних расстояний планет от солнца, что одно не может изменяться, не влияя на другое.

За исключением этих двух элементов, кажется, что все тела находятся в движении, и каждая орбита находится в состоянии постоянного изменения. Какими бы незначительными ни были эти изменения, можно предположить, что они могут накапливаться с течением веков в достаточной степени, чтобы нарушить весь порядок природы, изменить взаимное расположение планет, положить конец смене времен года и вызвать столкновения, которые вовлекли бы всю нашу систему, ныне такую гармоничную, в хаотическое замешательство. Последствия столь ужасны, что естественно задаться вопросом: какие существуют доказательства того, что творение будет спасено от такой катастрофы? Ибо ничто не может быть познано из наблюдений, поскольку существование человеческой расы заняло лишь определенный отрезок времени, в то время как эти превратности охватывают мириады веков. Доказательство простое и убедительное. Все вариации солнечной системы, как вековые, так и периодические, аналитически выражаются синусами и косинусами дуг окружности, которые увеличиваются со временем; и поскольку синус или косинус никогда не могут превышать радиус, но должны колебаться между нулем и единицей, как бы сильно ни увеличивалось время, отсюда следует, что когда вариации путем медленных изменений накапливаются за сколь угодно долгое время до максимума, они уменьшаются такими же медленными темпами, пока не достигнут своего наименьшего значения, а затем начинают новый курс, таким образом, всегда колеблясь около среднего значения. Этого, однако, не было бы, если бы планеты двигались в сопротивляющейся среде, поскольку тогда и эксцентриситет, и главные оси орбит менялись бы со временем, так что стабильность системы была бы в конечном счете нарушена. Но если планеты действительно движутся в эфирной среде, то она должна быть чрезвычайно редкой, поскольку ее сопротивление до сих пор было совершенно незаметным.

Обычно считалось, что для доказательства стабильности системы необходимы три обстоятельства: малые эксцентриситеты планетных орбит, их небольшие наклоны и вращение всех тел, а также планет как спутников, в одном направлении. Это, однако, не обязательные условия: периодичности терминов, в которых выражаются неравенства, достаточно, чтобы убедить нас в том, что, хотя мы не знаем ни пределов, ни периода того великого цикла, который, вероятно, охватывает миллионы лет, все же они никогда не превысят того, что необходимо для стабильности и гармонии целого, для сохранения которого так прекрасно и чудесно приспособлены все обстоятельства.

Плоскость самой эклиптики, хотя и считается неизменной в данную эпоху для удобства астрономических вычислений, подвержена незначительному вековому изменению в $52'' \cdot 109$, вызванному взаимным действием планет; но поскольку это также периодически, земной экватор, который наклонен к ней под углом около $23^\circ 28'$, никогда не совпадет с плоскостью эклиптики; поэтому вечной весны никогда не может быть.

Вращение земли равномерно; следовательно, день и ночь, лето и зима будут продолжать свое чередование, пока система существует или не нарушена внешними причинами.

Вон та звездная сфера,
состоящая из планет и неподвижных тел, во всех своих колесах
Напоминает ближайшие, запутанные лабиринты,
эксцентричные, с переплетениями, но правильные
Тогда, когда они кажутся самыми неправильными.

Стабильность нашей системы была установлена Ла Гранжем, "открытием, - говорит профессор Плейфейр, - которое должно сделать это имя навсегда запоминающимся в науке и почитаемым теми, кто получает удовольствие от созерцания всего превосходного и возвышенного. После открытия Ньютоном эллиптических орбит планет открытие Лагранжа об их неравенстве периодов, без сомнения, является самой благородной истиной в физической астрономии; а что касается учения о конечных причинах, то его можно рассматривать как величайшую из всех".

Несмотря на постоянство нашей системы, вековые колебания планетных орбит были бы крайне затруднительны для астрономов, когда возникла бы необходимость сравнивать наблюдения, разделенные большими периодами. Эта трудность устраняется Ла Плейсом, который показал, что какие бы изменения ни вызывало время либо в самих орбитах, либо в плоскости эклиптики, существует неизменная плоскость, проходящая через центр тяжести Солнца, вокруг которой вся система совершает колебания в узких пределах и которая определяется этим свойством; что если спроецировать на нее каждое тело в системе и если массу каждого умножить на площадь, описываемую в данный момент времени его проекцией на эту плоскость, сумма всех этих произведений будет максимальной. Эта плоскость наибольшей инерции, никоим образом не свойственная солнечной системе, но существующая в каждой системе тел, подчиняющихся только их взаимному притяжению, всегда остается параллельной самой себе и сохраняет фиксированное положение, откуда колебания системы могут оцениваться в течение неограниченного времени. Она расположена почти на полпути между орбитами Юпитера и Сатурна и наклонена к эклиптике под углом около $1^{\circ} 35' 31''$.

Все периодические и вековые неравенства, выведенные из закона всемирного тяготения, настолько точно подтверждаются наблюдениями, что анализ стал одним из наиболее надежных средств обнаружения планетарных неоднородностей, либо когда они слишком малы, либо когда их периоды слишком велики, чтобы их можно было обнаружить другими методами. Однако Юпитер и Сатурн демонстрируют неравенство, которое долгое время казалось противоречащим этому закону. Все наблюдения, начиная с наблюдений китайцев и арабов и вплоть до наших дней, доказывают, что на протяжении веков средние движения Юпитера и Сатурна испытывали сильное неравенство в течение очень длительных периодов, образуя то, что казалось аномалией в теории планет. Из наблюдений давно было известно, что пятикратное среднее движение Сатурна почти равно удвоенному движению Юпитера; соотношение, которое проницательность Ла Плейса усмотрела в причине периодического неравенства в среднем движении каждой из этих планет, завершающего свой период почти за 929 юлианских лет, причем одна замедляется, в то время как другая ускоряется. Эти неравенства строго периодичны, поскольку зависят от конфигурации двух планет; и теория прекрасно подтверждается наблюдениями, которые показывают, что в течение двадцати столетий среднее движение Юпитера ускорилось на $3^{\circ} 23'$, а Сатурна замедлилось на $5^{\circ} 13'$.

Можно было бы представить, что взаимное действие таких планет, у которых есть спутники, отличалось бы от влияния тех, у которых их нет; но расстояния спутников от их основных объектов несравненно меньше расстояний планет от солнца и друг от друга, так что система планеты и ее спутников движется почти так, как если бы все эти тела были объединены в их общем центре тяжести; действие солнца, однако, в некоторой степени нарушает движение спутников вокруг их основного объекта.

Изменения, происходящие в планетной системе, проявляются в малом масштабе Юпитером и его спутниками; и поскольку период, необходимый для развития неравенств этих маленьких лун, длится всего несколько столетий, его можно рассматривать как воплощение того великого цикла, который не будет завершен планетами за мириады столетий. Вращение спутников вокруг Юпитера в точности аналогично обращению планет вокруг Солнца; это правда, что солнце возмущает их, но расстояние до него так велико, что их движения почти одинаковы, как если бы они не находились под его влиянием. Спутники, как и планеты, вероятно, были спроектированы по эллиптическим орбитам, но сжатие сфероида Юпитера очень велико вследствие его быстрого вращения; и поскольку массы спутников почти в 100000 раз меньше массы Юпитера, огромное количество выступающего вещества на его экваторе должно было вскоре придать круглую форму, наблюдаемую на орбитах первого и второго спутников, которую всегда будет поддерживать его превосходящее притяжение. Третий и четвертый спутники, еще больше удаленные от его влияния, движутся по орбитам с очень малым эксцентриситетом. Та же причина заставляет орбиты спутников оставаться почти в плоскости экватора Юпитера, из-за чего их всегда видно почти на одной линии; и мощное воздействие такого количества выпуклой материи является причиной того, что движение узлов этих маленьких тел намного быстрее, чем узлов планеты. Узлы четвертого спутника совершают оборот за 520 лет, в то время как узлам орбиты Юпитера требуется не менее 50673 лет, что является доказательством взаимного притяжения между каждой частицей экватора Юпитера и спутников. Хотя два первых спутника ощутимо движутся по кругам, они приобретают небольшую эллиптичность из-за возмущений, которые они испытывают.

Орбиты спутников сохраняют постоянное наклонение не к плоскости экватора Юпитера или к плоскости его орбиты, а к определенным плоскостям, проходящим между ними и через их пересечение; они имеют больший наклон к экватору, чем дальше удален спутник, что полностью объясняется влиянием сжатия Юпитера.

Для средних перемещений и средних долгот трех первых спутников действует особый закон. Из наблюдений следует, что среднее движение первого спутника плюс вдвое большее, чем у третьего, равно втрое большему, чем у второго, и что средняя долгота первого спутника, минус втрое больше, чем у второго, плюс вдвое больше, чем у третьего, всегда равна двум прямым углам. Теоретически доказано, что если бы эти отношения были только приблизительными, когда спутники были впервые запущены в космос, их взаимное притяжение установило бы и поддерживало их. Они распространяются на синодические движения спутников, следовательно, влияют на их затмения и оказывают очень большое влияние на всю их теорию. Спутники движутся настолько близко к плоскости экватора Юпитера, который имеет очень малый наклон к его орбите, что планета часто затмевает их. Момент начала или окончания затмения спутника отмечает один и тот же момент абсолютного времени для всех жителей земли; следовательно, время этих затмений, наблюдаемое путешественником, при сравнении со временем затмения, рассчитанным для Гринвича или любого другого фиксированного меридиана, дает разницу меридианов во времени и, следовательно, долготу места наблюдения. Потребовались все усовершенствования современных приборов, чтобы сделать затмения этих отдаленных лун доступными для моряка; однако теперь эта невидимая невооруженным глазом система тел, известная человеку только с помощью науки, позволяет ему пересечь океан, распространяя свет знаний и блага цивилизации в самых отдаленных регионах, и вернуться, нагруженный продуктами другого полушария. И это еще не все: затмения спутников Юпитера были средством или открытием, которое, хотя и не столь непосредственно применимо к

потребностям человека, раскрывает свойство света, того медиума, без ободряющего влияния которого все красоты творения были бы для нас пустым звуком. Замечено, что те затмения первого спутника, которые происходят, когда Юпитер находится вблизи соединения, происходят позже на $16' 26''$, чем те, которые происходят, когда планета находится в оппозиции. Но поскольку Юпитер ближе к нам, когда находится в оппозиции, на всю ширину земной орбиты, чем когда находится в соединении, это обстоятельство было объяснено временем, затрачиваемым лучами света на пересечение земной орбиты, расстоянием в 192 миллиона миль; отсюда подсчитано, что свет распространяется со скоростью 192000 миль в секунду. Его скорость такова, что земле, движущейся со скоростью девятнадцать миль в секунду, потребовалось бы два месяца, чтобы преодолеть расстояние, которое луч света преодолел бы за восемь минут. Последующее открытие абберации света подтвердило этот удивительный результат.

Кажется, что объекты расположены в направлении исходящих от них лучей. Если бы свет распространялся мгновенно, каждый объект, находящийся в состоянии покоя или в движении, появлялся бы в направлении этих лучей; но поскольку для распространения света требуется некоторое время, когда Юпитер находится в соединении, мы видим его с помощью лучей, которые оставили его $16' 26''$ раньше; но за это время мы изменили свое положение вследствие движения Земли по своей орбите; поэтому мы относим Юпитер к месту, где его нет. Его истинное положение находится по диагонали параллелограмма, стороны которого находятся в отношении скорости света к скорости Земли на ее орбите, что равно 192000 к 19. Вследствие абберации ни одно из небесных тел не находится в том месте, в котором они кажутся. На самом деле, если бы земля находилась в состоянии покоя, лучи от звезды проходили бы вдоль оси направленного на нее телескопа; но если бы земля начала двигаться по своей орбите со своей обычной скоростью, эти лучи ударялись бы о стенку трубы; следовательно, было бы необходимо немного наклонить телескоп, чтобы увидеть звезду. Угол, заключенный между осью телескопа и линией, проведенной к истинному положению звезды, является ее абберацией, величина и направление которой различаются в разных частях земной орбиты; но в обычных случаях он никогда не превышает двадцати секунд.

Скорость света, выведенная из наблюдаемой абберации неподвижных звезд, полностью соответствует скорости, заданной затмениями первого спутника. Один и тот же результат, полученный из столь разных источников, не оставляет сомнений в его истинности. Множество таких прекрасных совпадений, происходящих, по-видимому, из самых неперспективных и разнородных обстоятельств, встречаются в физической астрономии и доказывают зависимости, которые в противном случае мы не смогли бы проследить. Одинаковость скорости света на расстоянии от Юпитера и на поверхности земли показывает, что его скорость одинакова; и если свет состоит в колебаниях упругой жидкости или эфира, заполняющего пространство, что наилучшим образом согласуется с наблюдаемыми явлениями, то равномерность его скорости показывает, что плотность жидкости на всем протяжении солнечной системы должна быть пропорциональна ее упругости. Среди удачных догадок, которые были подтверждены последующим опытом, догадка Бэкона не менее примечательна. "Это вызывает во мне, - говорит восстановитель истинной философии, - сомнение в том, виден ли лик безмятежных и звездных небес в тот момент, когда он действительно существует, или только некоторое время спустя; и не существует ли по отношению к небесным телам истинного времени и кажущегося времени не меньше, чем истинного места и кажущегося места, как говорят астрономы, из-за параллакса. Ибо кажется невероятным, что виды или лучи небесных

тел могут проходить через огромный промежуток времени между ними и нами в одно мгновение; или что для этого даже не требуется какой-то значительной доли времени".

Поскольку великие открытия обычно приводят к различным выводам, аберрация света дает прямое доказательство движения Земли по своей орбите; а ее вращение доказывалось теорией падающих тел, поскольку вызываемая ею центробежная сила замедляет колебания маятника при движении от полюса к экватору. Таким образом, для того, чтобы развеять ошибки чувств, требовался высокий уровень научных знаний.

То немногое, что известно о теориях спутников Сатурна и Урана, во всех отношениях аналогично теориям Юпитера. Сильное сжатие Сатурна заставляет его спутники двигаться почти в плоскости его экватора. Мы ничего не знаем ни о положении экватора Урана, ни о его сжатии. Орбиты его спутников почти перпендикулярны плоскости эклиптики.

Следующим требует внимания наш постоянный спутник Луна. В совокупности несколько обстоятельств делают ее движения наиболее интересными и в то же время наиболее трудными для изучения из всех тел нашей системы. В солнечной системе планета беспокоит планету, но в лунной теории солнце является главной причиной беспокойства; его огромное расстояние компенсируется его огромной величиной, так что движения Луны более нерегулярны, чем движения планет; и из-за большой эллиптичности ее орбиты и размера солнца приближения к ее движениям утомительны и трудны, превышающие то, что могут себе представить те, кто не привык к таким исследованиям. Ни эксцентриситет лунной орбиты, ни ее наклон к плоскости эклиптики не претерпели каких-либо изменений из-за вековых неравенств; но среднее движение, узлы и перигей подвержены весьма заметным изменениям.

Из затмения, наблюдаемого халдеями в Вавилоне 19 марта, за семьсот двадцать один год до христианской эры, местоположение Луны известно по положению солнца в момент противостояния; отсюда можно найти ее среднюю долготу; но сравнение этой средней долготы с другой средней долготой, вычисленной для момента затмения по современным наблюдениям, показывает, что сейчас Луна совершает свой оборот вокруг Земли быстрее и за меньшее время, чем раньше; и что ускорение ее среднего движения возрастало из века в век по мере увеличения квадрата Луны. время; все древние и промежуточные затмения подтверждают этот результат. Поскольку средние движения планет не имеют вековых неравенств, это казалось необъяснимой аномалией, и в одно время ее приписывали сопротивлению эфирной среды, пронизывающей пространство; в другое время - последовательной передаче силы тяготения: но поскольку Ла Плейс доказал, что ни одна из этих причин, даже если они существуют, не оказывает никакого влияния на движения лунного перигея или узлов, они не могли повлиять на среднее движение, поскольку изменение последнего от такой причины неразрывно связано с изменениями в двух первых из этих элементов. Однако этот великий математик, изучая теорию спутников Юпитера, понял, что вековые изменения элементов орбиты Юпитера, обусловленные действием планет, вызывают соответствующие изменения в движении спутников: это привело его к подозрению, что ускорение среднего движения Луны может быть связано с вековым изменением эксцентриситета земной орбиты; и анализ доказал, что он установил истинную причину.

Если бы эксцентриситет земной орбиты был неизменным, Луна подвергалась бы переменному возмущению под действием солнца вследствие ежегодного обращения земли; но оно было бы периодическим, поскольку оно происходило бы так же часто, как солнце, земля и луна

возвращаются в одни и те же относительные положения: однако из-за медленного и непрерывного уменьшения эксцентриситета земной орбиты обращение нашей планеты совершается на разных расстояниях от солнца каждый год. Положение Луны относительно Солнца претерпевает соответствующее изменение; так что среднее воздействие солнца на Луну меняется от столетия к столетию и вызывает вековое увеличение скорости Луны, называемое ускорением, название, которое очень уместно в нынешнюю эпоху и которое будет оставаться таковым в течение огромного числа последующих эпох; потому что, пока эксцентриситет земли уменьшается, среднее движение Луны будет ускоряться; но когда эксцентриситет превысит свой минимум и начнет увеличиваться, среднее движение будет замедляться из века в век. В настоящее время вековое ускорение составляет около $10''$, но его влияние на положение Луны увеличивается в квадрате времени. Примечательно, что действие планет, отраженное таким образом солнцем на Луну, гораздо более ощутимо, чем их прямое действие либо на землю, либо на Луну. Вековое уменьшение эксцентриситета, которое не изменило положение центра Солнца ни на восемь минут с момента самых ранних зарегистрированных затмений, привело к изменению долготы Луны на $1^{\circ} 48'$ и на $7^{\circ} 12'$ в ее средней аномалии.

Действие солнца вызывает быстрое, но переменное движение в узлах и перигее лунной орбиты; первые, хотя и удаляются в течение большей части оборота Луны, и продвигаются в течение меньшей, совершают свои звездные обращения за $6793^{\text{дня}} \cdot 4212$, а последние, хотя их движение иногда ретроградно, а иногда прямолинейно, за $3232^{\text{дня}} \cdot 5807$, или немногим более девяти лет: но разница между возмущающей энергией солнца и энергией всех планет, вместе взятых, такова, что для этого требуется не менее 109770 лет для того, чтобы большая ось земной орбиты сделала то же самое. Очевидно, что одно и то же вековое изменение, которое изменяет расстояние Солнца от земли и вызывает ускорение среднего движения Луны, должно влиять на движение узлов и перигея; и, следовательно, как из теории, так и из наблюдений следует, что оба этих элемента подвержены вековому неравенству, возникающему из-за изменения эксцентриситета земной орбиты, которое связывает их с ускорением; так что оба элемента замедляются, когда ожидается среднее движение. Вековые изменения этих трех элементов находятся в соотношении чисел 3, $0,735$ и 1; отсюда три движения Луны относительно Солнца, ее перигея и ее узлов постоянно ускорятся, и их вековые уравнения имеют вид чисел 1, 4 и $0,265$, или, согласно самым последним исследованиям, 1, 4, 6776 и $0,391$. Сравнение древних затмений, наблюдавшихся арабами, греками и халдеями, какими бы несовершенными они ни были, с современными наблюдениями, прекрасно подтверждает эти результаты анализа.

В будущих веках возникнут эти огромные неравенства, которые в какой-то наиболее отдаленный период составят множество окружностей. Они действительно периодичны; но кто скажет их периодичность? Должны пройти миллионы лет, прежде чем завершится этот великий цикл; но "такие изменения, хотя и редки во времени, часты в вечности".

Луна находится так близко, что избыток вещества на экваторе Земли вызывает периодические колебания ее долготы и широты; и, поскольку причина должна быть пропорциональна следствию, сравнение этих неравенств, вычисленных из теории, с таким же неравенством, полученным в результате наблюдений, показывает, что сжатие земного сфероиды, или отношение разницы между полярным и экваториальным диаметрами к диаметру экватора, равно $1/305 \cdot 05$. Аналитически доказано, что если текучая масса однородного вещества, частицы которого притягиваются друг к другу обратно пропорционально квадрату расстояния, будет

вращаться вокруг ось, как и у земли, приняла бы форму сфероида, сжатие которого равно $\frac{1}{230}$. Отсюда следует, что земля неоднородна, а плотность ее уменьшается от центра к окружности. Таким образом, лунные затмения показывают, что земля круглая, и ее неравномерности определяют не только форму, но и внутреннюю структуру нашей планеты; результаты анализа, которые невозможно было предвидеть. Аналогичные неравенства на спутниках Юпитера доказывают, что его масса неоднородна и что его сжатие составляет $\frac{1}{13.8}$.

Движение Луны в настоящее время стало иметь большее значение для навигатора и географа, чем движение любого другого небесного тела, благодаря точности, с которой определяется долгота по затенению звезд и расстояниям до Луны. Лунная теория доведена до такого совершенства, что время этих явлений, наблюдаемое под любым меридианом, при сравнении с временем, вычисленным для Гринвича в Морском альманахе, дает долготу наблюдателя с точностью до нескольких миль. Точность этой работы, очевидно, чрезвычайно важна для морской державы; у нас есть основания надеяться, что новые эфемериды, которые сейчас готовятся, будут, безусловно, самой совершенной работой подобного рода, которая когда-либо публиковалась.

Из лунной теории известно среднее расстояние Солнца от земли, а следовательно, и все размеры Солнечной системы; ибо силы, удерживающие землю и Луну на их орбитах, соответственно пропорциональны радиусам-векторам земли и Луны, каждый из которых делится на квадрат времени его периодического обращения; и поскольку лунная теория дает соотношение сил, получается отношение расстояний Солнца и Луны от земли: отсюда оказывается, что расстояние солнца от земли почти в 396 раз больше, чем расстояние Луны.

Однако метод определения абсолютных расстояний небесных тел в милях фактически аналогичен методу, используемому при измерении расстояний до земных объектов. От концов известного основания измеряются углы, которые образуют с ним зрительные лучи от объекта; их сумма, вычитаемая из двух прямых углов, дает угол, противоположный основанию; следовательно, с помощью тригонометрии можно вычислить все углы и стороны треугольника; следовательно, находится расстояние до объекта. Угол, под которым основание треугольника видно с объекта, является параллаксом этого объекта; очевидно, он увеличивается и уменьшается с расстоянием; следовательно, основание должно быть действительно очень большим, чтобы его вообще можно было увидеть с небесных тел. Но сам земной шар, размеры которого устанавливаются путем фактического измерения, представляет собой стандарт мер, с которым мы сравниваем расстояния, массы, плотности и объемы солнца и планет.

Руслу больших рек, которые в целом в значительной степени судоходны, доказывают, что кривизна суши лишь немногим отличается от кривизны океана; а так как высоты гор и континентов, во всяком случае, весьма незначительны по сравнению с величиной земли, то считается, что ее форма определяется поверхностью в каждой точке, перпендикулярной направлению силы тяжести или отвесной линии, и является такой же, какую имело бы море, если бы оно продолжалось по всей земле под континентами. Такова цифра, которая была измерена следующим образом:—

Земной меридиан - это линия, проходящая через оба полюса, все точки которых одновременно имеют одинаковый полдень. Если бы были известны длины и кривизны различных меридианов, фигуру земли можно было бы определить; но длины в один градус достаточно, чтобы получить фигуру земли, если ее измерять на разных меридианах и в различных широтах; ибо, если бы

земля была сферой, все градусы были бы одинаковой длины, но если нет, то длины градусов будут наибольшими там, где кривизна наименьшая; следовательно, сравнение длины градусов в разных частях земной поверхности определит ее размер и форму.

Дугу меридиана можно измерить, наблюдая широту его крайних точек, а затем измеряя расстояние между ними в футах или морских саженьях; расстояние, определенное таким образом на поверхности земли, разделенное на градусы и части градуса, содержащиеся в разнице широт, даст точную длину в один градус, причем разность широт представляет собой угол, заключенный между вертикалями на концах дуги. Это было бы легко осуществить, если бы расстояние было беспрепятственным и на уровне моря; но из-за бесчисленных препятствий на поверхности земли необходимо соединить крайние точки дуги серией треугольников, стороны и углы которых либо измеряются, либо вычисляются, так что длина дуги определяется с помощью очень трудоемких вычислений. В результате неровностям земной поверхности, у каждого треугольника лежит в другой плоскости; поэтому они должны быть уменьшены путем вычисления к тому, что бы было, если бы они были измерены на поверхности моря; а так как Земля имеет сферическую форму, они требуют коррекции с целью снижения их из плоскости в сферических треугольников.

Дуги меридиана были измерены на различных широтах, как на севере, так и на юге, а также дуги, перпендикулярные меридиану. Из этих измерений следует, что длина градуса увеличивается от экватора к полюсам, почти как квадрат синуса широты; следовательно, выпуклость земли уменьшается от экватора к полюсам. Встречается много расхождений, но цифра, которая наиболее близко соответствует этому закону, представляет собой эллипсоид вращения, экваториальный радиус которого равен 3962,6 миль, а полярный - 3949,7; разница, или 12,9 миль, деленная на экваториальный радиус, равна $\frac{1}{308.7}$, или почти $\frac{1}{309}$ ¹ эта доля называется сжатием земли, потому что, в зависимости от того, больше она или меньше, земной эллипсоид более или менее сплюснут у полюсов; она не сильно отличается от той, которая дается лунными неравенствами. Если мы предположим, что земля представляет собой сферу, длина градуса меридиана составит $69\frac{22}{100}$ британских миль; следовательно, 360 градусов, или вся окружность земного шара, равна 24856, а диаметр, который составляет чуть меньше трети окружности, равен 7916, или почти 8000 миль. Эратосфен, умерший за 194 года до христианской эры, был первым, кто дал приблизительную величину окружности земли по дуге между Александрией и Сиеной.

Но существует другой метод определения фигуры земли, полностью независимый ни от одного из предыдущих. Если бы земля была однородной сферой без вращения, ее притяжение к телам на ее поверхности было бы везде одинаковым; если бы она была эллиптической, сила тяжести теоретически должна была увеличиваться от экватора к полюсу как квадрат синуса широты; но для вращающегося сфероида, по законам механики, центробежная сила изменяется как квадрат синуса широты от экватора, где она наибольшая, к полюсу, где она обращается в нуль; и поскольку она стремится заставить тела оторваться от поверхности, она уменьшает действие силы тяжести на небольшую величину. Следовательно, благодаря силе тяготения, которая представляет собой разность этих двух сил, падение тел должно ускоряться при движении от экватора к полюсам пропорционально квадрату синуса широты; и вес одного и того же тела должен увеличиваться в этом отношении. Это непосредственно доказывается колебаниями маятника; ибо, если ускорить падение тел, колебания будут более быстрыми; и чтобы они всегда могли выполняться в одно и то же время, длина маятника должна быть изменена. Теперь путем

многочисленных и очень тщательных экспериментов доказано, что маятник, совершающий в среднем 86400 колебаний в день на экваторе, будет делать то же самое в любой точке земной поверхности, если увеличить его длину по мере продвижения к полюсу на величину квадрата синуса широты. Из их среднего значения следует, что сжатие земного сфероидов составляет около $1/342$, что не сильно отличается от сжатия, заданного лунными неравенствами, и от дуг меридиана. Близкое совпадение этих трех величин, выведенных столь совершенно независимыми друг от друга методами, показывает, что взаимные тенденции центров небесных тел друг к другу и притяжение Земли к телам, находящимся на ее поверхности, являются результатом взаимного притяжения всех их частиц. Можно добавить еще одно доказательство; нутация земной оси и прецессия точек равноденствий вызваны действием солнца и луны на выпуклую материю на экваторе земли; и хотя эти неравенства не дают абсолютной величины сжатия земли, они показывают, что выражающая его доля находится в пределах $1/279$ и $1/578$.

Можно было бы ожидать, что в результате каждого из них должно быть получено одинаковое сжатие, если бы различные методы наблюдения могли быть выполнены без ошибок. Это, однако, не так; ибо такие расхождения обнаруживаются как в градусах меридиана, так и в длине маятника, которые показывают, что фигура земли очень сложна; но они настолько малы по сравнению с общими результатами, что ими можно пренебречь. Сжатие, выведенное из среднего значения целого, по-видимому, составляет около $1/578$; преимущество, данное лунной теорией, состоит в том, что оно не зависит от неровностей земной поверхности и местных достопримечательностей. Поскольку форма и размер земли определены, она дает стандарт измерения, с которым можно сравнить размеры Солнечной системы.

Параллакс небесного тела - это угол, под которым был бы виден радиус земли, если смотреть из центра этого тела; он дает возможность определить расстояния до солнца, луны и планет. Предположим, что, когда луна находится над горизонтом в момент восхода или захода, линии были проведены от ее центра к наблюдателю и к центру земли, они образовали бы прямоугольный треугольник с земным радиусом, который имеет известную длину; и поскольку параллакс, или угол у Луны, может быть измерен, приведены все углы и одна сторона; отсюда можно вычислить расстояние Луны от центра земли. Параллакс объекта может быть обнаружен, если два наблюдателя под одним и тем же меридианом, но на очень большом расстоянии друг от друга, наблюдают его зенитные расстояния в один и тот же день в момент его прохождения над меридианом. С помощью таких одновременных наблюдений на мысе Доброй Надежды и в Берлине было обнаружено, что средний горизонтальный параллакс Луны равен $3454'' \cdot 2$; отсюда среднее расстояние до Луны примерно в шестьдесят раз превышает средний радиус земли, или почти 240000 миль. Поскольку параллакс равен радиусу Земли, деленному на расстояние до Луны; при одной и той же параллели широты он изменяется в зависимости от расстояния Луны от земли и доказывает эллиптичность лунной орбиты; а когда Луна находится на своем среднем расстоянии, он изменяется в зависимости от земных радиусов, показывая таким образом, что земля не является сферой.

Хотя описанный метод достаточно точен для определения параллакса объекта, находящегося так близко, как Луна, он не подходит для солнца, которое находится так далеко, что малейшая ошибка в наблюдении привела бы к ложному результату; но благодаря транзитам Венеры эта трудность устраняется. Когда эта планета находится в своих узлах или в пределах $1 \frac{1}{4}^\circ$ от них, то есть в плоскости эклиптики или почти в ней, иногда можно увидеть, как она проходит над солнцем, подобно блочному пятну. Если бы мы могли представить, что солнце и Венера не

имеют параллаксы, линия, описываемая планетой на ее диске, и продолжительность прохождения были бы одинаковыми для всех жителей земли; но поскольку солнце не так далеко, а полудиаметр земли имеет ощутимую величину, если смотреть из его центра, линия, описываемая планетой при ее прохождении по его диску, кажется ближе к его центру или дальше от него, в зависимости от положения наблюдателя; так что продолжительность прохождения варьируется в зависимости от различных точек земной поверхности, в которых она находится. наблюдаемый. Эта разница во времени, являющаяся полностью следствием параллакса, дает возможность вычислить ее по известным движениям земли и Венеры тем же методом, что и для солнечных затмений. На самом деле соотношение расстояний Венеры и Солнца от земли во время прохождения известно из теории их эллиптического движения; следовательно, дано отношение параллаксов этих двух тел, обратно пропорциональное их расстояниям; и поскольку прохождение дает разницу параллаксов, получается отношение параллаксов Солнца. В 1769 году параллакс солнца был определен путем наблюдений прохождения Венеры, сделанных в Вардусе в Лапландии и в Отахейте в Южном море, причем последнее наблюдение было целью первого путешествия Кука. Переход длился около шести часов в Отахейте, а разница в продолжительности на этих двух станциях составляла восемь минут; отсюда было установлено, что параллакс солнца равен $8'' \cdot 72$; но по другим соображениям впоследствии он был уменьшен до $8'' \cdot 575$; отсюда среднее расстояние до солнца, по-видимому, составляет около 95996000, или почти девяносто шесть миллионов миль. Это подтверждается неравенством в движении Луны, которое зависит от параллакса солнца и которое при сравнении с наблюдениями дает $8'' \cdot 6$ для солнечного параллакса.

Параллакс Венеры определяется ее транзитами, параллакс Марса - прямым наблюдением. Следовательно, расстояния этих двух планет от земли известны в земных радиусах; следовательно, их средние расстояния от солнца могут быть вычислены, и поскольку соотношения расстояний планет от солнца известны по закону Кеплера, их абсолютные расстояния в милях легко найти.

Как бы ни была далека земля от солнца, она близка к нему по сравнению с Ураном; эта планета находится не менее чем в 1843 миллионах миль от светила, согревающего и оживляющего мир; для нее, расположенной на краю системы, солнце должно казаться ненамного больше, чем для нас Венера. Земля не может быть видна даже в телескоп со столь удаленного объекта; и все же человек, обитатель земли, парит за пределами огромных размеров системы, к которой принадлежит его планета, и принимает диаметр ее орбиты за основание треугольника, вершина которого простирается к звездам.

какой бы возвышенной ни была идея, это предположение оказывается неэффективным, поскольку видимые места неподвижных звезд не изменяются ощутимо в результате годового обращения Земли; и с помощью усовершенствований современной астрономии и самых совершенных инструментов все еще остается предметом сомнений, был ли обнаружен ощутимый параллакс даже у ближайшего из этих удаленных солнц. Если бы неподвижная звезда имела параллакс в одну секунду, ее расстояние от солнца составило бы 20500000 миллионов миль. На таком расстоянии не только земная орбита сжимается до точки, но и вся солнечная система, если смотреть в фокус самого мощного телескопа, может быть покрыта толщиной паутинной нити. Свету, пролетающему со скоростью 200000 миль в секунду, потребовалось бы три года и семь дней, чтобы преодолеть это пространство; следовательно, одна из ближайших звезд могла зажечься или погаснуть более чем за три года до того, как мы

узнали о столь мощном событии. Но это расстояние должно быть небольшим по сравнению с расстоянием до самого удаленного из тел, видимых на небесах. Неподвижные звезды, несомненно, светятся подобно солнцу; следовательно, вероятно, что они находятся друг к другу не ближе, чем солнце к ближайшей из них. В млечном пути и других звездных туманностях некоторые из звезд, которые кажутся нам близкими к другим, могут находиться далеко позади них в безграничной глубине космоса; более того, разумно предположить, что они расположены во много тысяч раз дальше: следовательно, свету потребовались бы тысячи лет, чтобы прийти на землю от этих мириад солнц, среди которых наше собственное является всего лишь "тусклым и отдаленным спутником".

Массы таких планет, у которых нет спутников, известны путем сравнения неравенств, которые они вызывают в движениях земли и друг друга, определенных теоретически, с теми же неравенствами, полученными наблюдением, поскольку возмущающая причина обязательно должна быть пропорциональна производимому ею эффекту. Но поскольку количества вещества на любых двух первичных планетах прямо пропорциональны кубам средних расстояний, на которых вращаются их спутники, и обратно пропорциональны квадратам их периодов обращения, массу солнца и любых планет, имеющих спутники, можно сравнить с массой Земли. Таким образом, подсчитано, что масса Солнца в 354936 раз больше массы Земли; отсюда большие возмущения Луны и быстрое движение перигея и узлов ее орбиты. Даже Юпитер, самая большая из планет, в 1070,5 раза меньше Солнца. Масса Луны определяется из четырех различных источников: по ее воздействию на земной экватор, которое вызывает поворот оси вращения; по ее горизонтальному параллаксу, по неравенству, которое она производит в долготе солнца, и по ее воздействию на наводнения. Три первые величины, вычисленные на основе теории и сравненные с их наблюдаемыми значениями, дают массу, равную соответственно $\frac{1}{71}$, $\frac{1}{74.2}$ и $\frac{1}{69.2}$ части массы земли, которые не очень сильно отличаются друг от друга; но из-за ее действия по поднятию приливов, которое обеспечивает четвертый метод, ее масса, по-видимому, составляет примерно семьдесят пятую часть массы земли, значение, которое не может сильно отличаться от истины.

Видимые диаметры солнца, Луны и планет определяются путем измерений; следовательно, их реальные диаметры можно сравнить с земными; поскольку реальный диаметр планеты равен реальному диаметру земли, или 8000 милям, как видимый диаметр планеты равен видимому диаметру земли, если смотреть с планеты, то есть удвоенному параллаксу планеты, средний видимый диаметр солнца равен 1920", а при солнечном параллаксе 8". 65 будет обнаружено, что диаметр солнца составляет около 888000 миль; следовательно, центр планеты находится в центре Земли. если бы солнце совпадало с центром Земли, его объем не только включал бы орбиту Луны, но и простирался бы почти на такое же расстояние, поскольку среднее расстояние Луны от земли примерно в шестьдесят раз больше среднего радиуса Земли, или 240000 миль; таким образом, удвоенное расстояние Луны составляет 480000 миль, что лишь немногим отличается от солнечного радиуса; его экваториальный радиус, вероятно, ненамного меньше большой оси лунной орбиты.

Диаметр Луны составляет всего 2160 миль, а диаметр Юпитера в 88000 миль несравненно меньше диаметра Солнца. Диаметр Паллады ненамного превышает 71 милю, так что обитатель этой планеты в одном из наших паровых экипажей может совершить кругосветное путешествие за пять или шесть часов.

Сплюснутая форма небесных тел указывает на вращательное движение, и в большинстве случаев это было подтверждено прослеживанием точек на их поверхностях, откуда были определены их полюса и время вращения. Вращение Меркурия неизвестно из-за его близости к Солнцу, а вращение новых планет еще не установлено. Солнце совершает оборот за двадцать пять дней и десять часов вокруг оси, которая направлена к точке на полпути между полярной звездой и Лирой, причем плоскость вращения наклонена чуть более чем на 70° к той, по которой вращается земля. Исходя из вращения солнца, есть все основания полагать, что оно движется поступательно в пространстве, хотя направление, к которому оно стремится, пока неизвестно; но вследствие взаимодействия планет оно описывает небольшую неправильную орбиту вокруг центра инерции системы, никогда не отклоняясь от своего положения более чем вдвое больше своего собственного диаметра или примерно в семь раз больше расстояния Луны от земли.

Солнце и все его спутники вращаются с запада на восток по осям, которые остаются почти параллельными самим себе в каждой точке своей орбиты, и с практически одинаковыми угловыми скоростями. Хотя единообразие в направлении их вращения является обстоятельством, доселе не учитывавшимся в устройстве Природы, однако, исходя из устройства и приспособления каждой другой части к совершенству целого, столь замечательное совпадение не может быть случайным; а поскольку вращения планет и спутников также происходят с запада на восток, очевидно, что и то, и другое должно было возникнуть из первичных причин, определивших движение планет.

Большие планеты вращаются за более короткие периоды, чем планеты меньшего размера и земля; следовательно, их сжатие больше, и действие солнца и их спутников вызывает нутацию их осей и прецессию их равноденствий, подобную той, которая возникает в земном сфероиде из-за притяжения солнца и луны к выступающему веществу на экваторе. При сравнении периодов обращения Юпитера и Сатурна со временем их вращения выясняется, что год Юпитера содержит почти десять тысяч его дней, а год Сатурна - около тридцати тысяч сатурнианских дней.

Внешний вид Сатурна не имеет аналогов в системе мира; он окружен кольцом, еще более ярким, чем он сам, которое всегда остается в плоскости его экватора, и, если посмотреть в очень хороший телескоп, оказывается, что оно состоит из двух концентрических колец, разделенных темной полосой. По законам механики невозможно, чтобы это тело могло сохранять свое положение только за счет сцепления своих частиц; оно обязательно должно вращаться со скоростью, которая создаст центробежную силу, достаточную для уравнивания притяжения Сатурна. Наблюдения подтверждают истинность этих принципов, показывая, что кольца обращаются вокруг планеты за 10 с половиной часов, что значительно меньше времени, которое потребовалось бы спутнику, чтобы совершить оборот вокруг Сатурна на том же расстоянии. Их плоскость наклонена к эклиптике под углом 31° ; и вследствие этого наклона положения они всегда кажутся нам эллиптическими, но с эксцентриситетом, настолько переменным, что иногда даже напоминают прямую линию, проведенную поперек планеты. В настоящее время видимые оси колец равны 1000-160; и 29 сентября 1832 года плоскость колец пройдет через центр земли, когда они будут видны только с помощью более совершенных инструментов, и будут выглядеть как тонкая линия, пересекающая диск Сатурна. 1 декабря того же года плоскость колец пройдет через центр солнца.

Необычным результатом теории является то, что кольца не могли бы сохранять стабильность вращения, если бы они были повсюду одинаковой толщины; ибо малейшее нарушение нарушило бы равновесие, которое становилось бы все более и более нарушенным, пока, наконец, они не выпали бы осадком на поверхность планеты. Следовательно, кольца Сатурна должны представлять собой неправильные тела неодинаковой ширины в разных частях окружности, так что их центры тяжести не совпадают с центрами их фигур.

Профессор Струве также обнаружил, что центр кольца не концентричен центру Сатурна; интервал между внешним краем шара планеты и внешним краем кольца с одной стороны равен $11''\cdot 073$, а с другой стороны - $11''\cdot 288$; следовательно, эксцентриситет шара в кольце равен $0''\cdot 215$.

Если бы кольца подчинялись разным силам, они не оставались бы в одной плоскости, но мощное притяжение Сатурна всегда удерживает их и его спутники в плоскости его экватора. Кольца, благодаря своему взаимному действию, а также действию солнца и спутников, должны колебаться вокруг центра Сатурна и вызывать явления света и тени, периоды которых растягиваются на многие годы.

Периоды вращения луны и других спутников равны временам их обращения, следовательно, эти тела всегда обращены одной и той же стороной к своим основным телам; однако, поскольку среднее движение Луны подвержено вековому неравенству, которое в конечном итоге составит множество окружностей, если бы вращение луны было совершенно равномерным и не подвергалось влиянию тех же неравенств, оно перестало бы точно уравнивать движение вращения; и Луна в течение веков последовательно и постепенно обнаружила бы все точки поверхности, отличные от поверхности земли. Но теория доказывает, что этого никогда не может произойти; ибо вращение Луны, хотя и не подвержено периодическим неравенствам ее обращения, подвержено тем же вековым изменениям, так что ее вращательные движения и обращение вокруг земли всегда будут уравнивать друг друга и оставаться равными. Это обстоятельство обусловлено формой лунного сфероиды, который имеет три главные оси разной длины, расположенные под прямым углом друг к другу. Луна сплющена у полюсов из-за своей центробежной силы, поэтому ее полярная ось наименьшая; две другие находятся в плоскости ее экватора, но та, что направлена к земле, самая большая. Притяжение земли, как если бы она вытянула эту часть экватора Луны, постоянно приближает к нам наибольшую ось и, следовательно, то же самое полушарие, что заставляет ее вращение участвовать в вековых вариациях ее среднего вращательного движения. Даже если бы угловые скорости вращения не были должным образом уравновешены в начале движения Луны, притяжение земли вернуло бы наибольшую ось в направлении линии, соединяющей центры земли и Луны; так что она колебалась бы по обе стороны от этой линии таким же образом, как маятник колеблется по обе стороны от вертикали под влиянием силы тяжести.

Такая либрация не заметна; и поскольку малейшее возмущение сделало бы ее очевидной, ясно, что если комета когда-либо касалась Луны, то масса последней должна была быть чрезвычайно мала; ибо, если бы она составляла всего лишь стотысячную часть массы земли, это сделало бы либрацию ощутимой. Подобная либрация наблюдается в движении спутников Юпитера; но хотя комета 1767 и 1779 годов проходила среди них, их либрация все еще остается незаметной. Это правда, луна подвержена либрации в зависимости от положения наблюдателя; при ее восходе видна часть западного края ее диска, которая невидима при ее заходе, и обратное происходит

по отношению к ее восточному краю. Существуют также либрации, возникающие из-за взаимного расположения земли и Луны на их соответствующих орбитах, но поскольку это всего лишь оптические проявления, одно полушарие будет вечно скрыто от земли. По той же причине земля, которая должна быть таким великолепным объектом для одного лунного полушария, навсегда будет скрыта от другого. Из-за этих обстоятельств в более удаленном полушарии Луны день длится две недели, и ночь такой же продолжительности даже не освещается луной, в то время как благоприятствуемая сторона освещается отражением земли в течение ее долгой ночи. Луна, поверхность которой в тринадцать раз больше нашей, со всеми видами облаков, суши и воды, последовательно появляющимися в поле зрения, была бы великолепным объектом для лунного путешественника в путешествии к его антиподам.

Большая высота лунных гор, вероятно, оказывает значительное влияние на явления ее движения, тем более что ее сжатие невелико, а масса значительна.

В кривой, проходящей через полюса, и в том диаметре Луны, который всегда указывает на землю, природа установила постоянный меридиан, к которому были отнесены различные точки на ее поверхности, и их положение определено с такой же точностью, как у многих самых замечательных мест на поверхности нашего земного шара.

Вращение Земли, определяющее продолжительность суток, можно рассматривать как один из важнейших элементов в системе мироустройства. Он служит мерой времени и служит эталоном для сравнения оборотов небесных тел, которые своим пропорциональным увеличением или уменьшением вскоре выявили бы любые изменения, которые они могли бы претерпеть. Теория и наблюдения сходятся в доказательстве того, что среди бесчисленных превратностей, преобладающих на протяжении всего творения, период суточного вращения Земли неизменен. Жидкость, как замечает м-р Бэббидж, падая с более высокого уровня на более низкий, несет с собой скорость, обусловленную ее вращением вместе с землей на большем расстоянии от ее центра. Таким образом, это ускорит, хотя и почти в бесконечно малой степени, суточное вращение Земли. Сумма всех этих приращений скорости, возникающих в результате спуска всех рек по поверхности земли, со временем стала бы ощутимой, если бы природа в процессе испарения не подняла воды обратно к их источникам; и, таким образом, снова удаляя материю на большее расстояние от центра, не уничтожила скорость, созданную ее предыдущим приближением; так что спуск рек не влияет на вращение земли. Огромные массы, выброшенные вулканами от экватора к полюсам и наоборот, действительно повлияли бы на него, но свидетельств таких конвульсий нет. Возмущающее действие луны и планет, оказывающее столь мощное влияние на вращение земли, никоим образом не влияет на ее вращение: постоянное трение пассатов о горы и континенты между тропиками не препятствует ее скорости, что даже подтверждается теорией, как если бы море вместе с землей образовывало одну сплошную массу. Но хотя эти обстоятельства неэффективны, изменение средней температуры, несомненно, привело бы к соответствующему изменению скорости вращения: поскольку в науке динамики в системе тел или частиц, вращающихся вокруг фиксированного центра, действует принцип, согласно которому импульс, или сумма произведений массы каждого из них на его угловую скорость и расстояние от центра, является постоянной величиной, если система не выведена из строя какой-либо внешней причиной. Теперь, поскольку количество частиц в системе одинаково, какой бы ни была ее температура, когда их расстояния от центра уменьшаются, их угловая скорость должна увеличиваться, чтобы предыдущее количество могло оставаться постоянным. Из этого следует, что, поскольку

первоначальный импульс вращения, с которым земля была спроецирована в космос, обязательно должен оставаться неизменным, малейшее уменьшение тепла из-за сжатия земного сфероиды ускорило бы его вращение и, следовательно, уменьшило бы продолжительность дня. Несмотря на постоянное повышение температуры от солнечных лучей, природа ископаемых остатков заставила геологов поверить, что средняя температура на земном шаре снижается.

Высокая температура шахт, горячих источников и, прежде всего, внутренние пожары, которые произвели и все еще вызывают такие опустошения на нашей планете, указывают на увеличение тепла к ее центру. Увеличение плотности в слоях, соответствующих глубине и форме сфероиды, поскольку теория приписывает вращающейся жидкой массе, наводит на мысль, что температура земли изначально была настолько высокой, что все вещества, из которых она состоит, были доведены до состояния плавления, и что с течением веков она остыла до своего нынешнего состояния; что она является становится все холоднее, и это будет продолжаться до тех пор, пока вся масса не достигнет температуры среды, в которую она помещена, или, скорее, состояния равновесия между этой температурой, охлаждающей способностью ее собственного излучения и нагревающим эффектом солнечных лучей. Но даже если этой причины достаточно, чтобы произвести наблюдаемые эффекты, она должна действовать чрезвычайно медленно; поскольку вследствие вращения Земли, являющегося мерой периодов небесных движений, было доказано, что если бы продолжительность дня уменьшилась на трехсотую долю секунды со времени наблюдений Гиппарха две тысячи лет назад, это уменьшило бы уравнение продолжительности Луны в течение 4 лет"⁴. Следовательно, не подлежит сомнению, что средняя температура земли не могла заметно изменяться в течение этого времени; если тогда проявления, проявляемые слоями, действительно обусловлены снижением внутренней температуры, это либо показывает огромные периоды, необходимые для производства геологических изменений, по сравнению с которыми две тысячи лет - ничто, либо что средняя температура земли достигла состояния равновесия до этих наблюдений. Каким бы убедительным ни было указание на первобытную текучесть земли, поскольку прямых доказательств нет, это можно рассматривать только как очень вероятную гипотезу; но один из самых глубоких философов и элегантных писателей современности нашел в вековом изменении эксцентриситета земной орбиты очевидную причину снижения температуры. Этот опытный автор, указывая на взаимную зависимость явлений, говорит: "Очевидно, что средняя температура всей поверхности земного шара, поскольку она поддерживается действием солнца на 8 градусов выше, чем она была бы, если бы солнце погасло, должна зависеть от среднего количества солнечных лучей, которые оно получает, или, что почти одно и то же, от общего количества, получаемого за данное неизменное время: а поскольку продолжительность года неизменна при всех колебаниях планетной системы, отсюда следует, что общее количество солнечной радиации будет определять, *cæteris paribus*, общий климат земли. Теперь нетрудно показать, что это количество обратно пропорционально малой оси эллипса, описываемого землей вокруг Солнца, рассматриваемого как медленно изменяющийся; и что, следовательно, большая ось остается, как мы знаем, постоянной, а орбита фактически приближается к окружности, и, следовательно, малая ось увеличивается, среднее годовое количество солнечной радиации, получаемое всей землей, должно фактически уменьшаться. Следовательно, у нас есть очевидная реальная причина для объяснения этого явления. "Пределы изменения эксцентриситета земной орбиты неизвестны; но если ее эллиптичность когда-либо была такой же большой, как у орбиты Меркурия или Паллады, средняя температура

земли должна была быть значительно выше, чем сейчас; была ли она достаточно велика, чтобы сделать наш северный климат пригодным для произрастания тропических растений, обитания слонов и других обитателей жаркой зоны, сказать невозможно.

Относительное количество тепла, получаемое землей в разные моменты за один оборот, меняется в зависимости от положения перигея ее орбиты, которая совершает тропический оборот за 20935 лет. В 1250 году нашей эры и за 29653 года до него перигей совпадал с летним солнцестоянием; в оба этих периода земля была ближе к солнцу летом и дальше от него зимой, чем при любом другом положении апсид: следовательно, экстремальные температуры должны были быть выше, чем в настоящее время; но поскольку земная орбита, вероятно, была более эллиптической в ту отдаленную эпоху, летняя жара должна была быть очень сильной, хотя, возможно, компенсировалась суровыми зимами; во всяком случае, ни одно из этих изменений не влияет на продолжительность солнечного затмения. день.

Судя по морским раковинам, найденным на вершинах самых высоких гор и почти в каждой части земного шара, огромные континенты были подняты над океаном, который, должно быть, поглотил другие. Такая катастрофа была бы вызвана изменением положения оси вращения на поверхности земли, поскольку моря, заканчивающиеся до нового экватора, покинули бы одни части земного шара и затопили бы другие.

Но теория доказывает, что ни нутация, ни прецессия, ни какие-либо другие возмущающие силы, воздействующие на систему, не оказывают ни малейшего влияния на ось вращения, которая сохраняет постоянное положение на поверхности, если вращение земли не было нарушено какой-либо посторонней причиной, такой как столкновение кометы, которое, возможно, произошло в необъятные времена. Тогда действительно равновесие могло быть восстановлено только стремительным движением морей к новому экватору, что они и продолжали бы делать до тех пор, пока поверхность повсюду не стала бы перпендикулярной направлению силы тяжести. Но вероятно, что такого скопления вод было бы недостаточно для восстановления равновесия, если бы нарушение было большим; поскольку средняя плотность моря составляет лишь около пятой части средней плотности земли, а средняя глубина даже Тихого океана не превышает четырех миль, тогда как экваториальный радиус земли превышает полярный радиус на двадцать пять или тридцать миль; следовательно, влияние моря на направление силы тяжести очень мало; и поскольку оказывается, что значительное изменение положения осей несовместимо с законом равновесия, геологические явления должны быть изучены. приписывается внутренней причине. Таким образом, среди могущественных революций, которые смели с земли бесчисленные расы организованных существ, поднявших равнины и погребших горы в океане, вращение земли и положение оси на ее поверхности претерпели лишь незначительные изменения.

Не подлежит сомнению, что плотность слоев увеличивается от поверхности земли к ее центру, что подтверждается даже неравенствами луны; и из измерения дуг меридиана и длин секундного маятника видно, что слои имеют эллиптическую и концентрическую форму. Это, несомненно, произошло бы, если бы земля изначально была жидкой, поскольку более плотные части должны были опускаться к центру по мере приближения к состоянию равновесия; но огромное давление сверхнаполняющейся массы является достаточной причиной этих явлений. Профессор Лесли отмечает, что упругость воздуха, сжатого до пятидесятой части своего

объема, увеличивается в пятьдесят раз; если бы он продолжал сжиматься с такой скоростью, то из-за своего собственного веса приобрел бы плотность воды на глубине тридцати четырех миль. Но сама вода удвоила бы свою плотность на глубине девятиста трех миль и даже достигла бы плотности ртути на глубине 362 миль. Следовательно, при спуске к центру на расстояние 4000 миль конденсация обычных материалов превзошла бы все возможности представления. Но столь высокая плотность не подтверждается астрономическими наблюдениями. Из этого, по-видимому, следует, что наша планета должна иметь обширную кавернозную структуру и что мы ступаем по коре или оболочке, толщина которой очень мала по отношению к диаметру ее сферы. Возможно также, что эта большая конденсация в центральных областях может быть уравновешена повышенной эластичностью из-за очень высокой температуры. Доктор Янг говорит, что сталь была бы спрессована на одну четвертую, а камень - на одну восьмую своего объема в центре земли. Однако мы все еще ничего не знаем о законах сжатия твердых тел сверх определенного предела; но, судя по экспериментам мистера Перкинса, они, по-видимому, способны к большей степени сжатия, чем обычно представлялось.

Таким образом, оказывается, что ось вращения неизменна на поверхности земли, и наблюдения показывают, что, если бы не воздействие солнца и луны на материю на экваторе, она оставалась бы параллельной самой себе во всех точках своей орбиты.

Притяжение внешнего тела не только притягивает сфероид к себе; но, поскольку сила изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, это приводит его в движение вокруг центра тяжести, за исключением случаев, когда притягивающее тело расположено в продолжении одной из осей сфероида.

Плоскость экватора наклонена к плоскости эклиптики под углом около $23^{\circ} 28'$, а наклон лунной орбиты в этом направлении составляет почти 5° ; следовательно, из-за сплюснутой фигуры земли солнце и луна, действующие косо и неравномерно на разные части земного сфероида, отклоняют плоскость экватора от ее направления и заставляют ее перемещаться с востока на запад, так что точки равноденствия совершают медленное ретроградное движение в плоскости эклиптики со скоростью около $50'' \cdot 412$ в год. Прямой тенденцией этого действия было бы совпадение плоскостей экватора и эклиптики; но вследствие вращения земли наклон двух плоскостей остается постоянным, поскольку волчок при вращении сохраняет тот же наклон к плоскости горизонта. Если бы земля была сферической, этого эффекта не было бы, и точки равноденствия всегда соответствовали бы одним и тем же точкам эклиптики, по крайней мере, в том, что касается такого рода действий. Но на это движение действует другая, совершенно иная причина, о которой уже упоминалось. Действие планет друг на друга и на солнце вызывает очень медленное изменение положения плоскости эклиптики, что влияет на ее наклон относительно плоскости экватора и придает точкам равноденствия медленное, но прямое движение по эклиптике со скоростью $0'' \cdot 312$ в год, что полностью не зависит от формы земли и было бы таким же, если бы она была сферой. Таким образом, солнце и луна, перемещая плоскость экватора, смещают точки равноденствия назад по эклиптике; а планеты, перемещая плоскость эклиптики, придают им прямое движение, но гораздо меньшее, чем первое; следовательно, разница между ними составляет среднюю прецессию, которая, как доказано как теорией, так и наблюдениями, составляет около $50'' \cdot 1$ в год. Поскольку долготы всех неподвижных звезд увеличиваются на эту величину, вскоре обнаруживаются эффекты прецессии; соответственно, это было открыто Гиппархом за 128 год до Рождества Христова из сравнения его собственных наблюдений с наблюдениями Тимохариса за 155 лет до этого. Во

времена Гиппарха вход солнца в созвездие Овна был началом весны, но с тех пор точки равноденствия отступили на 30° ; так что созвездия, называемые знаками зодиака, находятся теперь на значительном расстоянии от тех участков эклиптики, которые носят их названия. Перемещаясь со скоростью $50'' \cdot 1$ в год, точки равноденствия совершат оборот за 25868 лет; но поскольку прецессия меняется в разные столетия, протяженность этого периода будет немного изменяться. Поскольку движение солнца прямое, а точек равноденствия ретроградные, ему требуется меньше времени, чтобы вернуться к экватору, чем для прибытия к тем же звездам; так что тропический год продолжительностью 365,242264 дня должен быть увеличен на время, необходимое ему для прохождения дуги в $50'' \cdot 1$, чтобы получить продолжительность звездного года. По простой пропорции это 0,014119-я часть суток, так что звездный год равен 365,256383.

Среднегодовая прецессия подвержена вековым изменениям; ибо, хотя изменение плоскости эклиптики, которая является орбитой солнца, не зависит от формы земли, все же, приводя солнце, луну и землю в разные относительные положения от эпохи к эпохе, оно изменяет прямое воздействие двух первых на выступающую материю на экваторе; по этой причине движение равноденствия сейчас больше на $0'' \cdot 455^\circ$ с, чем это было во времена Гиппарха; следовательно, фактическая продолжительность тропического года примерно на $4'' \cdot 154^\circ$ с короче, чем это было во времена Гиппарха. был в то время. Максимальное изменение, которое он может претерпеть по этой причине, составляет $43''$.

Таково вековое движение равноденствий, но оно иногда увеличивается, а иногда уменьшается из-за периодических колебаний, периоды которых зависят от взаимного положения солнца и луны относительно земли и вызваны прямым воздействием этих тел на экватор. Доктор Брэдли обнаружил, что благодаря этому действию луна заставляет полюс экватора описывать в небесах небольшой эллипс, диаметры которого равны $16''$ и $20''$. Период этого неравенства составляет девятнадцать лет - время, затрачиваемое узлами лунной орбиты на совершение оборота. Солнце вызывает небольшое изменение в описании этого эллипса; оно проходит свой период за полгода. Эта нутация земной оси влияет как на прецессию, так и на наклон с небольшими периодическими изменениями; но вследствие векового изменения положения земной орбиты, которое происходит главным образом из-за возмущающей энергии Юпитера на земле, наклон эклиптики ежегодно уменьшается на $0'' \cdot 52109$. Что касается неподвижных звезд, то это изменение с течением веков может составлять чай или одиннадцать градусов; но наклон эклиптики к экватору никогда не может изменяться более чем на два или три градуса, поскольку экватор будет в некоторой степени следовать за движением эклиптики.

Очевидно, что положения всех небесных тел подвержены влиянию прецессии и нутации, и поэтому все наблюдения за ними должны быть скорректированы с учетом этих неравенств.

Плотности тел пропорциональны их массам, деленным на их объемы; следовательно, если предположить, что солнце и планеты представляют собой сферы, их объемы будут равны кубам их диаметров. Теперь видимые диаметры солнца и Земли на их среднем расстоянии равны $1922''$ и $17'' \cdot 08$, а масса земли составляет $\frac{1}{354936}$ часть массы Солнца, взятой за единицу; отсюда следует, что земля почти в четыре раза плотнее солнца; но солнце настолько велико, что сила его притяжения заставила бы тела падать примерно на 450 футов в секунду; следовательно, если бы на нем даже жили люди, они не смогли бы сдвинуться с места, поскольку их вес был бы в тридцать раз больше, чем здесь. Человек среднего роста на поверхности солнца весил бы около двух тонн. Напротив, на поверхности четырех новых планет мы были бы такими легкими,

что невозможно было бы стоять от избытка нашей мускульной силы, ибо человек весил бы всего несколько фунтов. Все планеты и спутники, по-видимому, имеют меньшую плотность, чем земля. Движения спутников Юпитера показывают, что его плотность увеличивается к центру; а странные неровности формы Сатурна и сильное сжатие Марса доказывают, что внутреннее строение этих двух планет очень далеко от однородного.

Астрономия нашла непосредственное и существенное применение в создании неизменных стандартов для измерения продолжительности, расстояния, звездной величины и скорости. Звездные сутки, измеряемые временем, прошедшим между двумя последовательными прохождениями любой звезды по одному и тому же меридиану, и звездный год являются неизменяемыми единицами измерения, с которыми можно сравнивать все большие периоды времени; колебания изохронного маятника измеряют его меньшие участки. Только по этим неизменным стандартам мы можем судить о медленных изменениях, которые могли претерпевать другие элементы системы с течением веков.

Возвращение солнца на один и тот же меридиан и в одну и ту же точку равноденствия или солнцестояния было повсеместно принято в качестве меры наших гражданских дней и лет. Солнечный или астрономический день - это время, которое проходит между двумя последовательными полуднями или полуночами; следовательно, оно длиннее звездного дня из-за собственного движения солнца во время обращения небесной сферы; но поскольку солнце движется с большей скоростью зимой, чем в день летнего солнцестояния, астрономический день летом более близок к звездному дню, чем зимой. Наклон эклиптики также влияет на ее продолжительность, поскольку в дни равноденствий дуга экватора меньше соответствующей дуги эклиптики, а в дни солнцестояний она больше. Следовательно, астрономический день уменьшается в первом случае и увеличивается во втором. Если бы солнце равномерно перемещалось по экватору со скоростью $59'8''\cdot 3$ каждый день, все солнечные дни были бы равны; следовательно, время, отсчитываемое по прибытию воображаемого солнца на меридиан или того, которое предположительно движется по экватору, обозначается средним солнечным временем, таким, какое показывают часы в обычной жизни: когда оно отсчитывается по прибытию реального солнца на меридиан, это кажущееся время, такое, какое показывают циферблаты. Разница между временем, показываемым часами, и циферблатом соответствует уравнению времени, приведенному в Морском альманахе, и иногда составляет целых шестнадцать минут. Видимое и среднее время совпадают четыре раза в году.

Астрономы начинают день в полдень, но по общепринятым подсчетам день начинается в полночь. В Англии он делится на двадцать четыре часа, которые отсчитываются от двенадцати до двенадцати; но во Франции астрономы, использующие десятичное деление, делят сутки на десять часов, час на сто минут, а минуту на сто секунд из-за простоты вычислений и в соответствии с их системой мер и весов. Это деление не используется в повседневной жизни и не было принято ни в одной другой стране, хотя их научные авторы все еще используют это деление времени. Средняя продолжительность суток, хотя и определена точно, недостаточна ни для целей астрономии, ни для гражданской жизни. Продолжительность года указана природой как мера длительных периодов; но несоизмеримость, существующая между продолжительностью дня и оборотами солнца, затрудняет корректную оценку того и другого в целых числах. Если бы оборот солнца совершался за 365 дней, все годы состояли бы из точно такого же количества дней и начинались и заканчивались бы вместе с солнцем в одной и той же точке эклиптики; но поскольку оборот солнца включает долю суток, гражданский год и оборот

солнца не имеют одинаковой продолжительности. Поскольку эта доля составляет почти четверть суток, четыре года почти равны четырем оборотам солнца, так что добавление дополнительного дня каждый четвертый год почти компенсирует разницу; но со временем потребуется дальнейшая коррекция, потому что доля меньше четверти суток. Семидневный период, безусловно, наиболее постоянное деление времени и самый древний памятник астрономических знаний, использовался браминами в Индии с теми же обозначениями, что и у нас, и одинаково встречался в Календарях евреев, египтян, арабов и ассирийцев; он пережил падение империй и существовал среди всех последующих поколений, что является доказательством их общего происхождения.

Новолуние, сразу после зимнего солнцестояния в 707-м году правления Рима, было назначено на 1 января первого года правления Цезаря; 25 декабря на его 45-м году правления считается датой рождения Христа; а 46-й год правления Цезаря считается первым годом нашей эры. Хронологи называют предыдущий год первым годом до Рождества Христова, но астрономы называют его 0 годом. Астрономический год начинается 31 декабря в полдень; и дата наблюдения выражает дни и часы, которые фактически прошли с этого времени.

Некоторые замечательные астрономические эпохи определяются положением большой оси солнечного эллипса. Двигаясь со скоростью $61'' \cdot 906 \text{ км / ч}$ в год, он совершает тропическую революцию за 20935 лет. Это совпало с линией равноденствий за 4000 или 4089 лет до христианской эры, что примерно соответствует времени, которое хронологи отводят для сотворения человека. В 6485 году большая ось снова совпадет с линией равноденствий, но тогда солнечный перигей совпадет с весенним равноденствием; тогда как при сотворении человека он совпадал с осенним равноденствием. В 1250 году большая ось была перпендикулярна линии равноденствий, и тогда солнечный перигей совпал с зимним солнцестоянием, а апогей - с летним солнцестоянием. По этой причине Ла-Плейс предложил считать 1250 год всемирной эпохой и назначить весеннее равноденствие этого года на первый день первого года.

Изменения положения солнечного эллипса вызывают соответствующие изменения в продолжительности сезонов. В его нынешнем положении весна короче лета, а осень длиннее зимы; и хотя солнечный перигей продолжается таким, какой он есть сейчас, между зимним солнцестоянием и весенним равноденствием период, включающий весну и лето, будет длиннее периода, включающего осень и зиму: в этом столетии разница составляет около семи дней. Эти интервалы будут равны к 6485 году, когда перигей подойдет к весеннему равноденствию. Если бы орбита Земли была круглой, времена года были бы равны; их различия обусловлены эксцентриситетом земной орбиты, каким бы небольшим он ни был; но изменения настолько постепенны, что незаметны за короткий промежуток человеческой жизни.

Ни одно обстоятельство во всей науке астрономии не вызывает более глубокого интереса, чем ее применение к хронологии. "Целые народы, - говорит Ла Плейс, - были сметены с лица земли вместе с их языком, искусствами и науками, оставив лишь беспорядочные груды руин на месте, где стояли могущественные города; их история, за исключением нескольких сомнительных преданий, погибла; но совершенство их астрономических наблюдений указывает на их глубокую древность, фиксирует периоды их существования и доказывает, что даже в тот ранний период они, должно быть, достигли значительного прогресса в науке".

Древнее состояние небес теперь может быть вычислено с большой точностью; и, сравнивая результаты вычислений с древними наблюдениями, можно проверить точный период, в который они были сделаны, если они верны, или, если ложны, можно обнаружить их ошибку. Если дата будет точной, а наблюдения хорошими, это подтвердит точность современных таблиц и покажет, на сколько столетий их можно продлить, не опасаясь ошибки. Несколько примеров покажут важность этого предмета.

В дни солнцестояний солнце находится на наибольшем расстоянии от экватора, следовательно, его склонение в это время равно наклону эклиптики, который в прежние времена определялся по меридианной длине тени циферблата в день солнцестояния. Записано, что длина меридианной тени в дни летнего и зимнего солнцестояния наблюдалась в городе Лаян в Китае за 1100 лет до христианской эры. Из них известны расстояния солнца от зенита города Лаянг. Половина суммы этих зенитных расстояний определяет широту, а половина их разницы дает наклон эклиптики в период наблюдения; и поскольку закон изменения наклона известен, и время, и место наблюдений были проверены вычислениями по современным таблицам. Таким образом, китайцы достигли определенных успехов в науке астрономии в тот ранний период; вся хронология китайцев основана на наблюдениях затмений, которые доказывают существование этой империи более 4700 лет. Эпоха лунных таблиц индейцев, предполагаемая Байи за 3000 лет до христианской эры, была доказана Ла Плейсом на основании ускорения Луны, что она не более древняя, чем времена Птолемея. Великое неравенство Юпитера и Сатурна, цикл которых охватывает 929 лет, особенно подходит для обозначения цивилизации народа. Индийцы определили среднее движение этих двух планет в ту часть их периодов, когда видимое движение Сатурна было самым медленным, а Юпитера - самым быстрым. Периоды, в которые это происходило, были за 3102 года до христианской эры и в 1491 году после нее.

Возвращение комет в их перигелий, возможно, определит нынешнее состояние астрономии на будущие эпохи.

На расположение неподвижных звезд влияет прецессия точек равноденствий; и поскольку закон этого изменения известен, их положения в любой момент времени могут быть вычислены. Теперь Евдокс, современник Платона, упоминает звезду, расположенную на полюсе экватора, и из расчетов следует, что Драконис находился не очень далеко от этого места около 3000 лет назад; но поскольку Евдокс жил всего около 2150 лет назад, он, должно быть, описал предыдущее состояние небес, предположительно такое же, какое было определено Хироном примерно во время осады Трои. Все обстоятельства указывают на то, что астрономия культивировалась в высшие века древности.

Знание астрономии приводит к интерпретации иероглифических символов, поскольку астрономические знаки часто встречаются на древнеегипетских памятниках, которые, вероятно, использовались жрецами для записи дат. На потолке портика храма среди руин Тентириса изображен длинный ряд фигур людей и животных, следующих друг за другом в определенном направлении, среди них двенадцать знаков зодиака, расположенных в соответствии с движением солнца: вероятно, первая фигура в процессии символизирует начало года. Теперь первый - Лев, как будто выходящий из храма; и поскольку хорошо известно, что сельскохозяйственный год египтян начинался в летнее солнцестояние, эпоху разлива Нила, если предыдущая гипотеза верна, солнцестояние во время постройки храма должно было

произойти в созвездии льва; но поскольку солнцестояние сейчас происходит на $21^{\circ} 6'$ северной широты от созвездия Близнецов, легко вычислить, что зодиак Тентириса должен был быть составлен 4000 лет назад.

Автору довелось быть свидетелем примера этого интереснейшего применения астрономии при определении местоположения папируса, присланного из Египта мистером Солтом, в исследованиях иероглифов покойного доктора Томаса Янга, чьи глубокие и разнообразные познания делают честь не только его стране, но и эпохе, в которую он жил. Рукопись была найдена в футляре для мумии; оказалось, что это гороскоп эпохи Птолемея, и его древность была определена по конфигурации небес на момент его создания.

Форма земли служит эталоном мер и весов для обычных жизненных целей, а также для определения масс и расстояний небесных тел. Длительность секундного колебания маятника на широте Лондона составляет стандарт британской меры протяженности. Его длина, колеблющаяся в вакууме при температуре 62° по Фаренгейту и приведенная к уровню моря, была определена капитаном Кейтером в частях имперского стандартного ярда как 39,1387 дюйма. Вес кубического дюйма воды при температуре 62° по Фаренгейту, барометр 30, также определялся в частях имперского тройского фунта, откуда выводится стандарт как веса, так и вместимости. Французы приняли метр за свою единицу линейной меры, которая представляет собой десятиmillionную часть квадранта меридиана, проходящего через Форментеру и Гринвич, середина которого находится почти на сорок пятом градусе широты. Если национальные стандарты двух стран будут утрачены в превратностях человеческих отношений, оба могут быть восстановлены, поскольку они являются производными отестественных стандартов, которые считаются неизменными. Длину маятника можно было бы снова определить с большей легкостью, чем метр; но поскольку ни одна мера не является математически точной, ошибка в первоначальном эталоне может со временем стать ощутимой при измерении значительной протяженности, тогда как ошибка, которая неизбежно должна возникнуть при измерении квадранта меридиана, становится совершенно незаметной при делении на десятиmillionную часть. Французы приняли десятичное деление не только во времени, но и в градусах, весах и мерах, что обеспечивает очень большие удобства в вычислениях. Оно не было принято ни одним другим народом; хотя нет ничего более желательного, чем то, чтобы все нации согласились использовать одно и то же деление и стандарты не только из-за удобства, но и как дающее более определенное представление о количестве. Удивительно, что десятичное деление суток, градусов, мер и гирь использовалось в Китае 4000 лет назад; и что в то время, когда Ибн Юнус проводил свои наблюдения в Каире, около 1000 года, у арабов был обычай использовать колебания маятника в своих астрономических наблюдениях.

Одним из наиболее непосредственных и поразительных эффектов внешней по отношению к земле силы тяготения является попеременный подъем и опускание поверхности моря дважды в течение лунных суток, или $24^{\text{ч}} 50^{\text{м}} 48^{\text{с}}$ среднего солнечного времени. Поскольку это зависит от действия солнца и Луны, это относится к числу астрономических задач, из которых на сегодняшний день это самая сложная и наименее удовлетворительная. Форма поверхности океана в состоянии равновесия при вращении земли вокруг своей оси представляет собой эллипсоид, сплюснутый у полюсов; но действие солнца и Луны, особенно луны, нарушает равновесие океана.

Если бы Луна притягивала центр тяжести земли и все ее частицы равными и параллельными силами, вся система земли и воды, покрывающие ее, подчинялись бы этим силам с общим движением, и равновесие морей оставалось бы ненарушенным. Разница сил и неравенство их направлений сами по себе нарушают равновесие.

Повседневным опытом, а также строгими механическими рассуждениями доказано, что если в жидкости возбуждается несколько волн или колебаний под действием различных сил, то каждая из них следует своим курсом и оказывает свое действие независимо от остальных. Итак, в приливах и отливах есть три различных вида колебаний, зависящих от разных причин, производящих свои эффекты независимо друг от друга, которые, следовательно, могут быть оценены отдельно.

Колебания первого рода, которые очень малы, не зависят от вращения земли; и поскольку они зависят от движения возмущающего тела по его орбите, они имеют большие периоды. Колебания второго рода зависят от вращения земли, следовательно, их период составляет почти сутки; а колебания третьего рода зависят от угла, равного удвоенному угловому вращению земли; и, следовательно, происходят дважды за двадцать четыре часа. Первые не представляют особого интереса и чрезвычайно малы; но разница в двух последовательных приливах зависит от второго. Во время солнцестояний эта разница, которая, согласно теории Ньютона, должна быть очень велика, едва ли ощутима на наших берегах. Ла-Плейс показал, что это расхождение возникает из-за глубины моря, и что если бы глубина была одинаковой, не было бы разницы в последовательных приливах, если бы не местные обстоятельства: отсюда следует, что, поскольку эта разница чрезвычайно мала, море, рассматриваемое на большом протяжении, должно иметь почти одинаковую глубину, то есть существует определенная средняя глубина, от которой отклонение невелико. Предполагается, что средняя глубина Тихого океана составляет около четырех миль, а Атлантического - всего три. Из формул, которые определяют разницу последовательных приливов, также доказывается, что прецессия равноденствий и нутация земной оси такие же, как если бы море составляло с землей одну сплошную массу.

Третий вид колебаний - это полусуточные приливы, столь замечательные на наших побережьях; они вызываются совместным действием солнца и луны, но поскольку влияние каждого из них независимо от другого, их можно рассматривать отдельно.

Частицы воды под Луной притягиваются сильнее, чем центр тяжести Земли, в обратном отношении к квадрату расстояний; следовательно, они имеют тенденцию покидать землю, но удерживаются своей гравитацией, которую эта тенденция уменьшает. Напротив, Луна притягивает центр земли сильнее, чем она притягивает частицы воды в противоположном ей полушарии; так что земля имеет тенденцию покидать воды, но удерживается гравитацией, которую эта тенденция снова уменьшает. Таким образом, воды, находящиеся непосредственно под Луной, забираются с земли в то же самое время, когда земля забирается из тех вод, которые находятся диаметрально противоположно ей; в обоих случаях океан возвышается над поверхностью равновесия почти на одинаковую высоту; ибо уменьшение гравитации частиц в каждом положении почти одинаково из-за того, что расстояние до Луны велико по сравнению с радиусом земли. Если бы земля была полностью покрыта морем, вода, притягиваемая таким образом Луной, приняла бы форму продолговатого сфероида, большая ось которого была бы направлена к Луне, поскольку столбы воды под Луной и в диаметрально противоположном ей направлении становятся легче вследствие уменьшения их силы тяжести, то для сохранения

равновесия оси, удаленные на 90° , были бы укорочены. Высота, из-за меньшего пространства, которым он ограничен, в два раза больше впадины, потому что содержимое сфероида всегда остается неизменным. Действие солнечного притяжения во всех отношениях аналогично действию лунного, хотя на самом деле в меньшей степени из-за его удаленности; поэтому он лишь немного изменяет форму этого сфероида. Если бы воды были способны мгновенно принимать форму равновесия, то есть сфероида, то его вершина всегда указывала бы на Луну, несмотря на вращение земли; но из-за их сопротивления быстрое движение, производимое в них вращением, не позволяет им принимать в каждый момент форму, которой требует равновесие действующих на них сил. Следовательно, из-за инерции вод, если рассматривать приливы относительно всей земли и открытого моря, существует меридиан примерно на 30° восточнее Луны, где всегда высокая вода как в том полушарии, где находится Луна, так и в том, которое расположено напротив. На западной стороне этого круга протекает прилив, на восточной - отлив, а на меридиане, удаленном на 90° , везде отлив. Очевидно, что эти приливы должны происходить дважды в день, поскольку за это время вращение земли дважды подводит одну и ту же точку под меридиан Луны, один раз под верхний и один раз под нижний меридиан.

В полусуточных приливах особенно следует различать два явления: одно случается дважды в месяц, а другое дважды в год.

Первое явление заключается в том, что приливы значительно усиливаются в сизигии, или во время новолуния и полнолуния. В обоих случаях солнце и луна находятся в одном и том же меридиане, потому что когда луна новолуние, они находятся в соединении, а когда она полная, они находятся в оппозиции. В каждом из этих положений их действие комбинируется для создания самых высоких или весенних приливов под этим меридианом и самых низких в тех точках, которые удалены друг от друга на 90° . Замечено, что чем выше поднимается уровень моря во время полного прилива, тем ниже он бывает во время отлива. Когда луна находится в квадратуре, они не поднимаются так высоко и не опускаются так низко, как весенние приливы. Весенние приливы значительно усиливаются, когда луна находится в перигее. Очевидно, что весенние приливы должны происходить два раза в месяц, поскольку в это время луна бывает раз новолунием и раз полнолунием.

Вторым явлением приливов является усиление, которое происходит во время равноденствий, когда склонение солнца равно нулю, что происходит дважды в год. Наибольшие приливы и отливы наблюдаются в новолуние или полнолуние, ближе к точкам равноденствия, когда луна находится в перигее. Наклон орбиты Луны относительно эклиптики составляет $5^\circ 9'$; следовательно, в дни равноденствий действие луны было бы усилено, если бы ее узел совпадал с ее перигеем. Равноденственные штормы часто поднимают эти приливы на большую высоту. Помимо этих замечательных изменений, есть и другие, возникающие из-за склонения Луны, которое оказывает большое влияние на приливы и отливы вод.

Таким образом, высота и время половодья постоянно меняются; поэтому при решении задачи требуется определить высоты, на которые они поднимаются, время, в которое они происходят, и суточные колебания.

Периодические движения вод океана по гипотезе эллипсоида вращения, полностью покрытого морем, очень далеки от соответствия наблюдениям; это происходит из-за очень больших неровностей поверхности земли, которая лишь частично покрыта морем, разнообразия глубин океана, способа, которым он распределен по земле, положения и наклона берегов, течений,

сопротивления, с которым сталкиваются воды, - все это причины, которые невозможно оценить, но которые изменяют колебания огромной массы океана. Однако, несмотря на все эти неровности, приливы и отливы моря сохраняют соотношение с вызывающими их силами, достаточное для указания их природы и подтверждения закона притяжения солнца и луны к морю. Ла Плейс отмечает, что исследование таких отношений между причиной и следствием не менее полезно в натурфилософии, чем прямое решение проблем, либо для доказательства существования причин, либо для прослеживания законов их действия. Подобно теории вероятностей, это счастливое дополнение к невежеству и слабости человеческого разума. Таким образом, проблема приливов не допускает общего решения; безусловно, необходимо проанализировать погребальные явления, которые должны быть результатом притяжения солнца и луны, но в каждом конкретном случае они должны быть скорректированы с помощью тех местных наблюдений, которые изменяются в зависимости от протяженности и глубины моря и особых условий порта.

Поскольку возмущающее действие солнца и луны может ощущаться только на очень больших участках воды, очевидно, что Тихий океан является одним из главных источников наших приливов; но вследствие вращения Земли и инерции океана половодье наступает только через некоторое время после захода Луны на юг. Прилив, поднятый в этом мире вод, передается в Атлантику, а из этого моря он движется в северном направлении вдоль берегов Африки и Европы, прибывая в каждое место все позже и позже. Однако эта огромная волна видоизменяется приливом, поднимающимся в Атлантике, который иногда сочетается с приливом из Тихого океана, поднимая уровень моря, а иногда противостоит ему, так что приливы увеличиваются только пропорционально их разнице. Эта огромная объединенная волна, отраженная берегами Атлантики, простирающаяся почти от полюса до полюса, все еще продвигаясь на север, проходит через ирландский и британский каналы в Северное море, так что приливы в наших портах изменяются по сравнению с приливами в другом полушарии. Таким образом, теория приливов в каждом порту, как в отношении их высоты, так и времени, в которое они происходят, на самом деле является предметом эксперимента и может быть точно определена только на основе очень большого числа наблюдений, включая несколько оборотов узлов Луны.

Высота, на которую поднимаются приливы, намного больше в узких каналах, чем в открытом море, из-за препятствий, с которыми они встречаются. В высоких широтах, где океан менее подвержен непосредственному влиянию светил, подъем и опускание уровня моря незначительны, так что, по всей вероятности, на полюсах нет прилива или только небольшой годовой и месячный прилив. Приливы и отливы моря заметны в реках на очень большом расстоянии от их устьев. В Пауксисском проливе, на реке Амазонк, более чем в пятистах милях от моря, заметны приливы и отливы. Требуется так много дней, чтобы прилив поднялся по этому могучему потоку, что возвращающиеся приливы встречают череду тех, которые поднимаются; так что в той или иной части его берегов происходит всевозможное разнообразие, как по величине, так и по времени. Требуется очень большое водное пространство, чтобы аккумулировать импульс солнца и луны, чтобы сделать их влияние ощутимым; по этой причине приливы в Средиземном и Черном морях едва заметны.

Эти постоянные волнения в водах океана вызваны силами, которые имеют очень малую долю по сравнению с земным притяжением: воздействие солнца на поднятие уровня океана составляет всего $\frac{1}{384480000}$ силы тяжести на поверхности земли, а действие Луны немногим более чем вдвое

больше, и эти силы находятся в соотношении 1 к 2,35333. Исходя из этого соотношения, получается, что масса Луны составляет всего лишь $\frac{1}{15}$ часть массы Земли. Первоначальное состояние океана не оказывает никакого влияния на приливы; ибо какими бы ни были его первобытные условия, они должны были вскоре исчезнуть из-за трения и подвижности жидкости. Одним из наиболее примечательных обстоятельств в теории приливов и отливов является уверенность в том, что вследствие того, что плотность моря составляет всего одну пятую от средней плотности земли, стабильность равновесия океана никогда не может быть нарушена какой бы то ни было физической причиной. Следовательно, всеобщее затопление, вызванное простой нестабильностью океана, невозможно.

Атмосфера, находящаяся в равновесии, представляет собой эллипсоид, сплюснутый на полюсах из-за своего вращения вместе с землей: в этом состоянии ее слои имеют одинаковую плотность на равных высотах над уровнем моря, и она ощутимо имеет конечную протяженность, независимо от того, состоит она из частиц, бесконечно делимых или нет. Согласно последней гипотезе, она действительно должна быть конечной; и даже если частицы материи бесконечно делимы, из опыта известно, что на очень малых высотах она чрезвычайно разрежена. Показания барометра повышаются пропорционально избыточному давлению. Итак, при температуре таяния льда плотность ртути по отношению к плотности воздуха равна 10320 к 1; а поскольку средняя высота барометра равна 29,528 дюйма, высота атмосферы в простом соотношении составляет 30407 футов при средней температуре 62 °, или 34153 фута, что чрезвычайно мало по сравнению с радиусом Земли. Действие солнца и Луны нарушает равновесие атмосферы, вызывая колебания, подобные колебаниям в океане, которые вызывают периодические колебания высоты барометра. Они, однако, настолько чрезвычайно малы, что их существование в широтах, столь удаленных от экватора, сомнительно; только серия наблюдений в тропиках может решить этот деликатный вопрос. Ла-Плейс, по-видимому, считает, что приливы и отливы, различимые в Париже, могут быть вызваны подъемом и опусканием уровня океана, который образует переменную основу для столь значительной части атмосферы.

Притяжение солнца и луны не оказывает заметного влияния на пассаты; тепло солнца вызывает эти воздушные течения, разрежая воздух на экваторе, что заставляет более холодную и плотную часть атмосферы устремляться вдоль поверхности земли к экватору, в то время как то, что нагрето, переносится по более высоким слоям к полюсам, образуя два течения в направлении меридиана. Но скорость вращения воздуха, соответствующая его географическому положению, уменьшается по направлению к полюсам; следовательно, при приближении к экватору он должен вращаться медленнее, чем в соответствующих частях земли, и тела на поверхности земли должны ударяться о него с превышением своей скорости, и в результате своей реакции они встретят сопротивление, противоположное их вращательному движению; так что человеку, полагающему, что он находится в состоянии покоя, будет казаться, что ветер дует в направлении, противоположном вращению земли, или с востока на запад, что является направлением пассатов. Атмосфера рассеивает солнечные лучи и придает всем прекрасным оттенкам и жизнерадостности дня. Он передает голубой свет в наибольшем изобилии; чем выше мы поднимаемся, тем небо приобретает более глубокий оттенок, но в бескрайнем космосе солнце и звезды должны казаться блестящими пятнышками в глубокой черноте.

Солнце и большинство планет, по-видимому, окружены атмосферами значительной плотности. Земное притяжение, вероятно, лишило Луну ее притяжения, поскольку преломление воздуха на поверхности земли по меньшей мере в тысячу раз больше, чем на Луне. Следовательно, лунная атмосфера должна быть более разреженной, чем та, которую могут создать наши лучшие воздушные насосы; следовательно, ни одно земное животное не могло бы в ней существовать.

Многие философы высочайшего авторитета сходятся во мнении, что свет состоит из колебаний высокоэластичной эфирной среды, пронизывающей пространство, которая, передаваясь зрительным нервам, вызывает явления зрения. Эксперименты нашего прославленного соотечественника доктора Томаса Янга и знаменитого Френеля показывают, что эта теория лучше согласуется со всеми наблюдаемыми явлениями, чем теория излучения частиц светящимся телом. Поскольку звук распространяется колебаниями воздуха, его теория во многих отношениях аналогична теории света. Серьезные или низкие тона создаются очень медленными вибрациями, частота которых постепенно увеличивается по мере того, как нота становится более острой. Например, когда вибрации музыкального аккорда составляют менее шестнадцати в секунду, он не будет передавать уху непрерывный звук; количество вибраций или импульсов увеличивается с увеличением остроты ноты, пока, наконец, не будет потеряно всякое ощущение высоты тона. Весь объем человеческого слуха, от самых низких нот органа до самого высокого известного крика насекомых, например, крика сверчка, включает около девяти октав.

Колебания света намного быстрее колебаний звука, но они аналогичны в том отношении, что по мере того, как частота пульсаций звука увеличивается от низких тонов к более высоким, частота пульсаций света увеличивается от красных лучей солнечного спектра до ярко-фиолетовых. Эксперименты сэра Уильяма Гершеля показали, что тепло, передаваемое спектром, увеличивается от фиолетовых лучей к красным; но максимум горячих невидимых лучей находится за пределами крайнего красного. Тепло, по всей вероятности, состоит, подобно свету и звуку, из колебаний упругой среды. Все основные явления тепла действительно можно проиллюстрировать сравнением со звуковыми. Возбуждение тепла и звука не только схожи, но часто идентичны, как при трении и ударе; они передаются как при контакте, так и при излучении; и доктор Янг отмечает, что эффект лучистого тепла в повышении температуры тела, на которое оно падает, напоминает симпатическое дрожание струны, когда звук другой струны, находящейся в унисоне с ней, передается ей по воздуху. Свет, тепло, звук и волны жидкостей подчиняются одним и тем же законам отражения, и, действительно, их волновые теории совершенно схожи. Следовательно, если мы можем судить по аналогии, колебания лучей, производящих тепло, должны быть менее частыми, чем колебания крайних красных лучей солнечного спектра; но если бы аналогия была точной, то интерференция двух горячих лучей должна была бы вызывать холод, поскольку темнота возникает в результате интерференции двух колебаний света, тишина возникает в результате интерференции двух колебаний звука; а неподвижная вода, или отсутствие прилива, является следствием интерференции двух приливов.

Для распространения звука требуется среда гораздо более плотная, чем среда света или тепла; его интенсивность уменьшается по мере увеличения разреженности воздуха; так что на очень небольшой высоте над поверхностью земли шум бури прекращается, и гром больше не слышен в тех безграничных областях, где небесные тела завершают свои периоды в вечной и возвышенной тишине.

Каким может быть тело солнца, предположить невозможно; но кажется, что оно окружено океаном пламени, сквозь который его темные ядра кажутся черными пятнами, часто огромных размеров. Солнечные лучи, которые, вероятно, возникают в результате химических процессов, постоянно происходящих на его поверхности, передаются через пространство во всех направлениях; но, несмотря на величину солнца и непостижимую жару, которая должна существовать там, где происходит такое горение, поскольку интенсивность как его света, так и тепла уменьшается пропорционально квадрату расстояния, его благотворное влияние едва ли можно ощутить на границах нашей системы. Многое зависит от того, каким образом падают лучи, как мы легко видим из-за различных климатических условий на нашем земном шаре. Зимой земля ближе к солнцу на $\frac{1}{30}$, чем летом, но зимой лучи падают на северное полушарие более косо, чем в другую половину года. На Уране солнце должно восприниматься как маленькая, но яркая звезда, не более чем на сто пятидесятую долю ярче, чем оно нам кажется; однако для нас оно в 2000 раз ярче нашей луны, так что для Урана оно действительно солнце и, вероятно, излучает некоторую степень тепла. Но если мы примем во внимание, что вода не оставалась бы текучей ни в одной части Марса, даже на его экваторе, и что в умеренных зонах той же планеты замерзли бы даже спирт и ртуть, мы можем составить некоторое представление о холоде, который должен царить на Уране, если только эфир действительно не имеет определенной температуры. Климат Венеры больше напоминает земной, хотя, за исключением, возможно, ее полюсов, слишком жаркий для животной и растительной жизни в том виде, в каком они существуют здесь; но на Меркурии средняя температура, возникающая только за счет интенсивности солнечных лучей, должна быть выше температуры кипящего быстросеребряного топлива, и вода будет кипеть даже на его полюсах. Таким образом, планеты, хотя и родственны земле по движению и структуре, совершенно непригодны для обитания такого существа, как человек.

Было подсчитано, что прямой свет солнца равен свету 5563 восковых свечей среднего размера, которые, как предполагается, должны быть установлены на расстоянии одного фута от объекта: свет луны, вероятно, равен свету только одной свечи на расстоянии двенадцати футов; следовательно, свет солнца более чем в триста тысяч раз больше света луны; по этой причине свет луны не дает тепла, даже когда его фокусируют зеркалом.

Обращая внимание на особенности формы и природы земли и планет, невозможно обойти молчанием магнетизм земли, указателя компаса моряка и его проводника в океане. Это свойство, вероятно, возникает из-за металлического железа, находящегося внутри земли, или из-за циркуляции электрических токов вокруг нее: его влияние распространяется на каждую часть ее поверхности, но его накопление и недостаток определяют два полюса этого великого магнита, которые ни в коем случае не совпадают с полюсами вращения земли. Вследствие их притяжения и отталкивания свободно подвешенная стрелка, независимо от того, магнитная она или нет, остается в равновесии только тогда, когда находится в магнитном меридиане, то есть в плоскости, проходящей через северный и южный магнитные полюса. Есть места, где магнитный меридиан совпадает с земным меридианом; в них свободно подвешенная магнитная стрелка указывает на истинный север, но если ее последовательно переносить в разные места на поверхности земли, ее направление будет отклоняться иногда к востоку, а иногда к западу от севера. Линии, проведенные на глобусе через все места, где стрелка указывает строго на север и юг, называются линиями без вариаций и являются чрезвычайно сложными. Направление стрелки даже не является постоянным в одном и том же месте, а меняется через несколько лет, согласно еще не установленному закону. В 1657 году линия без изменений прошла через

Лондон. В 1819 году капитан Парри в своем путешествии с целью открытия северо-западного прохода вокруг Америки проплыл прямо над магнитным полюсом; а в 1824 году капитан Лайон, находясь в экспедиции с той же целью, обнаружил, что стрелка компаса отклоняется на $37^{\circ} 30'$ западной долготы и что магнитный полюс в то время находился на $63^{\circ} 26' 51''$ северной широты и на $80^{\circ} 51' 25''$ западной долготы. Однако из более поздних исследований явствует, что закон земного магнетизма значительно усложнен, и существование более чем одного магнитного полюса в обоих полушариях стало весьма вероятным. Стрелка также подвержена суточным колебаниям; в наших широтах она медленно движется на запад примерно с трех часов утра до двух и возвращается в свое прежнее положение вечером.

Стрелка, подвешенная так, чтобы ее можно было перемещать только в вертикальной плоскости, опускается или становится все более и более наклоненной к горизонту по мере приближения к магнитному полюсу. Капитан Лайон обнаружил, что указанное отклонение от широты и долготы составило $86^{\circ} 32'$. Какими свойствами могут обладать планеты в этом отношении, узнать невозможно, но вполне вероятно, что Луна приобрела сильное магнитное поле вследствие своей близости к Земле и потому, что ее наибольший диаметр всегда направлен в ее сторону.

Прохождение комет никогда ощутимо не нарушало стабильности солнечной системы; их ядра редки, а их пролет настолько быстр, что времени было недостаточно для накопления достаточного импульса, чтобы произвести ощутимый эффект. Комета 1770 года прошла в пределах 80000 миль от земли, даже не повлияв на наши приливы, и пронеслась среди спутников Юпитера, не нарушив движения этих маленьких лун. Если бы масса этой кометы была равна массе Земли, ее возмущающее действие сократило бы год на девятую часть суток; но, как показывают расчеты Делабра на основе гринвичских наблюдений солнца, приближение кометы не оказало заметного влияния на продолжительность года. Ла-Плейс доказал, что его масса не может составлять и 5000-й части массы земли. Траектории комет имеют всевозможный наклон к плоскости эклиптики, и, в отличие от планет, их движение часто ретроградно. Кометы видны только вблизи своего перигелия. Тогда их скорость такова, что ее квадрат вдвое больше, чем у тела, движущегося по кругу на том же расстоянии; следовательно, они остаются на планетных орбитах очень короткое время; и поскольку все конические сечения с одинаковым фокусным расстоянием заметнo совпадают по небольшой дуге с каждой стороны от конечности их оси, трудно установить, по какой из этих кривых движутся кометы, исходя из наблюдений, сделанных, как это неизбежно должно быть, в их перигелии: но, вероятно, все они движутся по чрезвычайно эксцентричным эллипсам, хотя в большинстве случаев параболическая кривая совпадает наиболее точно. почти в соответствии с их наблюдаемыми движениями. Даже если орбита будет определена со всей точностью, которую допускает данный случай, может быть трудно или даже невозможно распознать комету при ее возвращении, потому что ее орбита сильно изменилась бы, если бы она проходила вблизи любой из крупных планет этой или любой другой системы, вследствие их возмущающей энергии, которая была бы очень велика для тел столь редкой природы. Галлей и Клеро предсказали, что из-за притяжения Юпитера и Сатурна возвращение кометы 1759 года будет отложено на 618 дней, что было подтверждено событием настолько близко, насколько можно было ожидать.

Туманный вид комет, возможно, вызван парами, которые солнечное тепло поднимает на их поверхности при прохождении через перигелий и которые снова конденсируются по мере удаления от солнца. Комета 1680 года, находясь в своем перигелии, находилась всего лишь на

расстоянии одной шестой диаметра Солнца, или примерно в 148000 милях от его поверхности; следовательно, она подвергалась воздействию тепла, в 27500 раз превышающего то, которое получает земля. Поскольку предполагается, что жар солнца пропорционален интенсивности его роста, вполне вероятно, что такой высокой температуры было бы достаточно, чтобы превратить в пар все земные вещества, с которыми мы знакомы.

В тех положениях комет, где должна быть видна только половина их освещенного полушария, они не проявляют никаких фаз даже при просмотре с большим увеличением. Однако некоторые слабые признаки были однажды замечены Гевелиусом и Ла Хайром в 1682 году; а в 1811 году сэр Уильям Гершель обнаружил маленькую светящуюся точку, которую он принял за диск кометы. В целом их массы настолько малы, что они не имеют ощутимого диаметра, ядро в основном сформировано из более плотных слоев туманного вещества, но настолько редких, что сквозь них видны звезды. Прохождение кометы по диску Солнца дало бы наилучшую информацию по этому вопросу. Было подсчитано, что такое событие должно было произойти в 1627 году; к сожалению, в этой стране солнце было скрыто облаками, но его наблюдали в Вивье и Марселе в то время, когда на нем должна была находиться комета, но никакого пятна видно не было. Хвосты часто имеют очень большую длину и обычно располагаются в плоскостях их орбит; они следуют за ними при их приближении к солнцу, но предшествуют им при их возвращении с небольшой степенью искривления; но их протяженность и форма должны изменяться по внешнему виду в соответствии с положением их орбит относительно эклиптики. Хвост кометы 1680 года, по-видимому, простирался в Париже на шестьдесят два градуса. Вещество, из которого состоит хвост, должно быть чрезвычайно плавучим, чтобы предшествовать телу, движущемуся с такой скоростью; действительно, быстрота его подъема не поддается объяснению. Туманная часть комет уменьшается каждый раз, когда они возвращаются в свой перигелий; после частых возвращений они должны полностью утратить ее и представлять вид неподвижного ядра; у комет с коротким периодом это должно произойти раньше. Ла Плейс предполагает, что комета 1682 года, должно быть, быстро приближается к этому состоянию. Если вещества полностью или даже в значительной степени испарятся, комета исчезнет навсегда. Возможно, по этой причине кометы исчезли из поля нашего зрения раньше, чем это произошло бы в противном случае. Из примерно шестисот комет, которые были замечены в разное время, три, как теперь совершенно точно установлено, являются частью нашей системы; иными словами, они возвращаются к солнцу с интервалами примерно в 76, $6\frac{1}{3}$ и $3\frac{1}{4}$ года.

За последнее столетие на орбите Земли появилось сто сорок комет, которые больше никто не видел; если принять за средний период каждую тысячу лет, то с помощью теории вероятностей можно вычислить, что общее число комет, находящихся в пределах земной орбиты, должно составлять 1400; но поскольку Уран в двадцать раз дальше, в пределах известной протяженности нашей системы может быть не менее 11 200 000 комет. При таком множестве блуждающих тел вполне возможно, что одно из них столкнется с землей; но даже если бы это произошло, ущерб был бы локальным, и равновесие вскоре восстановилось. Однако более вероятно, что земля лишь немного отклонилась бы от своего курса при близком приближении кометы, не задев ее. Каким бы большим ни казалось количество комет, это абсолютно ничто по сравнению с количеством неподвижных звезд. Только около двух тысяч видны невооруженным глазом, но когда мы смотрим на небо в телескоп, кажется, что их количество ограничено только несовершенством инструмента. Сэр Уильям Гершель подсчитал, что за четверть часа в поле зрения его телескопа, которое уменьшилось на угол $15'$, прошло 116000 звезд. Это, однако,

было заявлено как пример необычайной скученности; но в среднем на всем небесном пространстве должно быть около ста миллионов неподвижных звезд, которые находятся в пределах досягаемости телескопа.

Многие звезды имеют очень слабое поступательное движение, особенно μ Кассиопея и 61 Лебедь, обе маленькие звезды; и, поскольку солнце определенно является звездой, это дополнительная причина предположить, что солнечная система находится в движении. Расстояние до неподвижных звезд слишком велико, чтобы допустить, что они имеют видимый диск; но, по всей вероятности, они сферические и, несомненно, должны быть таковыми, если гравитация пронизывает все пространство. В хороший телескоп они выглядят как светящиеся точки; их мерцание возникает из-за внезапных изменений преломляющей способности воздуха, которые были бы не заметны, если бы у них были диски, подобные планетам. Таким образом, мы ничего не можем узнать об относительных расстояниях звезд от нас и друг от друга по их видимым диаметрам; но поскольку их годовой параллакс незаметен, это показывает, что мы должны находиться в сотнях миллионов миллионов миль от ближайших; однако многие из них должны быть значительно более удаленными, поскольку из двух звезд, которые кажутся близко расположенными друг к другу, одна может находиться далеко от другой в глубине космоса. Свет Сириуса, согласно наблюдениям мистера Гершеля, в 324 раза больше, чем у звезды шестой величины; если мы предположим, что они действительно одинакового размера, их расстояния от нас должны быть в соотношении 57,3 к 1, потому что свет уменьшается по мере увеличения квадрата расстояния до светящегося тела.

Об абсолютной величине звезд ничего не известно, только то, что многие из них должны быть намного больше солнца, судя по количеству испускаемого ими света. Доктор Волластон определил приблизительное соотношение света восковой свечи к свету солнца, луны и звезд, сравнив их соответствующие изображения, отраженные от маленьких стеклянных шариков, наполненных ртутью, на основании чего было проведено сравнение количества света, излучаемого самими небесными телами. С помощью этого метода он обнаружил, что свет солнца примерно в двадцать миллионов миллионов раз сильнее света Сириуса, самой яркой и предположительно ближайшей из неподвижных звезд. Если бы параллакс Сириуса составлял половину секунды, его расстояние от земли было бы в 525 481 раз больше расстояния Солнца от земли; и поэтому Сириус, расположенный там, где находится солнце, казался бы нам в 3,7 раза больше солнца и давал бы в 13,8 раза больше света; но многие из неподвижных звезд должны быть намного больше Сириуса. Иногда звезды появлялись все сразу, сияли ярким светом, а затем исчезали. В 1572 году в Кассиопее была открыта звезда, яркость которой быстро увеличивалась, пока она даже не превзошла яркость Юпитера; затем она постепенно уменьшалась в блеске и, проявив всевозможные оттенки, указывающих на изменение горения, исчезла через шестнадцать месяцев после своего открытия, не изменив своего положения. Невозможно представить себе что-либо более грандиозное, чем пожар, который мог бы быть виден на таком расстоянии. Некоторые звезды являются периодическими, возможно, из-за вмешательства вращающихся вокруг них непрозрачных тел или из-за обширных пятен на их поверхности. Многие тысячи звезд, которые кажутся всего лишь блестящими точками, при тщательном рассмотрении оказываются на самом деле системами из двух или более солнц, вращающихся вокруг общего центра. Эти двойные и кратные звезды чрезвычайно удалены, поэтому требуются самые мощные телескопы, чтобы увидеть их по отдельности.

Первый каталог двойных звезд, в котором определены их места и относительные положения, был составлен благодаря таланту и трудолюбию сэра Уильяма Гершеля, которому астрономия обязана столь многими блестящими открытиями и у которого возникла идея их сочетания в двойной и кратной системах, идея, которая была полностью подтверждена его собственными наблюдениями, но которая с тех пор получила дополнительное подтверждение от его сына и сэра Джеймса Саута, первый из которых, а также профессор Струве из Дерпта, пополнили свое число многими тысячами. Движения вращения вокруг общего центра многих из них были четко установлены, а их периоды определены со значительной точностью. Некоторые из них уже с момента своего первого открытия совершили почти целую революцию, а один, если можно положиться на последние наблюдения, действительно значительно продвинулся во втором периоде своего развития. Эти интересные системы, таким образом, представляют собой разновидность звездного хронометра, с помощью которого хронология небес будет размечена на будущие эпохи своими собственными эпохами, не подверженными колебаниям из-за планетарных возмущений, подобных тем, что наблюдаются в нашей системе.

Возможно, среди множества маленьких звезд, двойных или изолированных, некоторые могут быть найдены достаточно близко, чтобы демонстрировать отчетливые параллактические движения или, возможно, нечто, приближающееся к планетарному движению, что может доказать, что солнечное притяжение не ограничивается нашей системой, или может привести к открытию собственного движения солнца. Двойные звезды бывают разных оттенков, но чаще всего демонстрируют контрастные цвета. Большая звезда обычно желтая, оранжевая или красная, а маленькая - синяя, фиолетовая или зеленая. Иногда белая звезда сочетается с синей или фиолетовой, реже объединяются красная и белая. Во многих случаях такое появление обусловлено влиянием контраста на наше восприятие цветов. Например, при наблюдении двойной звезды, где большая имеет насыщенный рубиново-красный или почти кровавый цвет, а маленькая - светло-зеленый, последняя потеряла свой цвет, когда первая была скрыта перекрещивающимися проводами телескопа. Но есть огромное количество случаев, когда цвета слишком ярко выражены, чтобы быть просто воображаемыми. Мистер Гершель отмечает в одной из своих статей в *Philosophical Transactions* как весьма примечательный факт, что, хотя красные одиночные звезды встречаются достаточно часто, до сих пор не было получено ни одного примера изолированной синей, зеленой или фиолетовой звезды.

В некоторых частях неба звезды расположены так близко друг к другу, что образуют скопления, которые постороннему глазу кажутся тонкими белыми облаками; таков млечный путь, яркость которого определяется рассеянным светом мириадом звезд. Однако многие из этих облаков никогда не разделяются на отдельные звезды, даже при самом большом увеличении. Эта туманная материя в огромном изобилии существует в космосе. Не менее 2500 туманностей наблюдал сэр Уильям Гершель, местоположение которого было вычислено на основе его наблюдений, приведено к общей эпохе и составлено в каталог в порядке прямого восхождения его сестрой мисс Кэролайн Гершель, леди, столь справедливо прославившейся астрономическими знаниями и открытиями. Природа и использование этой материи, рассеянной по небесам в такой разнообразии форм, покрыты величайшей неизвестностью. Гипотеза о том, что это самосветящаяся, фосфоресцирующая материальная субстанция в сильно расширенном или газообразном состоянии, но постепенно уменьшающаяся под действием взаимного притяжения ее частиц к звездам и звездным системам, кажется наиболее общепринятой; но единственный способ получить какие-либо реальные знания по этому загадочному предмету - это определить форму, место и текущее состояние каждой отдельной

туманности, и сравнение их с будущими наблюдениями покажет грядущим поколениям изменения, которые сейчас могут происходить в этих зачатках будущих систем. С этой целью мистер Гершель в настоящее время занимается сложным и кропотливым исследованием, которое, как считается, почти приближается к своему завершению, и результаты которого, следовательно, мы можем надеяться, вскоре будут обнародованы. Наиболее заметные из этих проявлений наблюдаются в Орионе и в поясе Андромеды. Вероятно, что свет от некоторых туманностей должен добираться до земли миллионы лет.

Объекты, встречающиеся нашему взору на небесах, столь многочисленны, что мы не можем представить себе часть пространства, где свет не бил бы в глаза; но поскольку неподвижные звезды не были бы видны на таких расстояниях, если бы они не сияли своим собственным светом, разумно заключить, что это солнца; и если это так, то они, по всей вероятности, окружены системами непрозрачных тел, вращающихся вокруг них, как планеты вокруг нашей. Но хотя нет никаких доказательств того, что невидимые нами планеты вращаются вокруг этих отдаленных солнц, несомненно то, что в пространстве блуждает множество невидимых тел, которые, иногда попадая в сферу земного притяжения, воспламеняются от скорости, с которой они проходят через атмосферу, и с большой силой обрушиваются на землю. Наклонность падения метеоритов, особое вещество, из которого они состоят, и взрыв, которым неизменно сопровождается их падение, показывают, что они чужды нашей планете. Светящиеся пятна, совершенно независимые от фаз, иногда появлялись на темной части Луны, которые приписывались свету, возникающему при извержении вулканов; отсюда предполагалось, что метеориты были выброшены с Луны под действием импульса вулканического извержения; было даже подсчитано, что если камень вылетел с Луны по вертикальной линии и с начальной скоростью 10992 фута в секунду, что более чем в четыре раза превышает скорость ядра при первом выстреле из пушки, вместо того, чтобы падать обратно на Луну под действием силы тяжести, он мог бы упасть обратно на Луну. Он попал бы в сферу притяжения земли и вращался бы вокруг нее, как спутник. Эти тела, движимые либо направлением первичного импульса, либо возмущающим действием солнца, могут в конечном счете проникнуть в атмосферу Земли и достичь ее поверхности. Но из какого бы источника ни происходили метеоритные камни, представляется весьма вероятным, что они имеют общее происхождение из-за однородности, мы можем почти сказать идентичности, их химического состава.

Известное количество вещества составляет очень малую долю по сравнению с необъятностью пространства. Какими бы большими ни были тела, расстояния, разделяющие их, неизмеримо больше; но поскольку замысел проявляется в каждой части творения, вполне вероятно, что если бы различные системы во Вселенной были ближе друг к другу, их взаимные нарушения были бы несовместимы с гармонией и стабильностью целого. Ясно, что пространство не пронизано атмосферным воздухом, поскольку его сопротивление задолго до этого уничтожило бы скорость планет; мы также не можем утверждать, что оно пустое, когда его пересекают во всех направлениях свет, тепло, тяготение и, возможно, влияния, о которых мы не можем составить никакого представления; но наполнено ли оно эфирной средой, покажет только время.

Хотя мы совершенно не осведомлены о законах, действующих в более отдаленных областях мироздания, мы уверены, что только они регулируют движения нашей собственной системы; и поскольку общие законы составляют конечную цель философского исследования, мы не можем завершить эти замечания, не рассмотрев природу той необычайной силы, воздействие которой мы пытались проследить в некоторых из их лабиринтов. Одно время предполагалось, что

ускорение среднего движения Луны вызвано последовательной передачей силы притяжения; но было доказано, что для того, чтобы произвести этот эффект, ее скорость должна быть примерно в пятьдесят миллионов раз больше скорости света, который распространяется со скоростью 200000 миль в секунду; следовательно, ее действие даже на расстоянии от Солнца можно рассматривать как мгновенное; однако ближайшие из неподвижных звезд настолько удалены, что можно усомниться в том, оказывает ли солнце на них какое-либо ощутимое влияние.

Аналитическим выражением для силы тяготения является прямая линия; кривые, по которым небесные тела движутся под действием силы тяготения, являются всего лишь линиями второго порядка; притяжение сфероидов в соответствии с любым другим законом было бы намного сложнее; и поскольку легко доказать, что материя могла перемещаться в соответствии с бесконечным разнообразием законов, можно заключить, что Божественная мудрость, должно быть, выбрала силу тяготения из бесконечности других законов, поскольку она наиболее проста и придает наибольшую устойчивость движениям небесных тел.

Исключительным результатом простоты законов природы, допускающих только наблюдение и сравнение соотношений, является то, что тяготение и теория движения небесных тел не зависят от их абсолютных величин и расстояний; следовательно, если бы все тела в солнечной системе, их взаимные расстояния и их скорости пропорционально уменьшались, они описывали бы кривые, во всех отношениях аналогичные тем, по которым они движутся сейчас; и система могла бы последовательно уменьшаться до наименьших ощутимых размеров и по-прежнему иметь тот же внешний вид. Опыт показывает, что совершенно иной закон притяжения преобладает, когда частицы материи располагаются на незначительных расстояниях друг от друга, как при химическом и капиллярном притяжении, а также при притяжении сцепления; является ли это изменением силы тяжести или вступает в действие какая-то новая и неизвестная сила, неизвестно; но поскольку изменение закона силы происходит на одном конце шкалы, возможно, что гравитация может не оставаться неизменной на огромном расстоянии от неподвижных звезд. Возможно, настанет день, когда даже гравитация, которая больше не рассматривается как конечный принцип, может быть преобразована в еще более общую причину, охватывающую все законы, регулирующие материальный мир.

Действию гравитирующей силы не препятствует вмешательство даже самых плотных веществ. Если бы притяжение солнца к центру земли и к полушарию, диаметрально противоположному ему, было уменьшено из-за трудности проникновения сквозь промежуточную материю, влияние приливов было бы более очевидным. Его притяжение также одинаково, какими бы ни были вещества небесных тел, ибо, если бы действие солнца на землю отличалось на миллионную долю от его действия на Луну, разница вызвала бы изменение солнечного параллакса, составляющее несколько секунд, что доказывается невозможностью согласия теории с наблюдениями. Таким образом, вся материя проницаема для гравитации и в равной степени притягивается ею.

Насколько известно человеку, интенсивность гравитации никогда не менялась в пределах солнечной системы; и даже аналогия не заставляет нас ожидать, что она должна изменяться; напротив, есть все основания быть уверенными, что великие законы Вселенной неизменны, как и их Автор. Не только солнце и планеты, но и мельчайшие частицы во всем разнообразии их притяжения и отталкивания, более того, даже невесомая материя электрических,

гальванических и магнитных жидкостей подчиняется постоянным законам, хотя мы, возможно, не во всех случаях способны свести их явления к общим принципам. Мы также не можем предполагать, что только структура земного шара не подпадает под действие всеобщего указа, хотя могут пройти века, прежде чем изменения, которым она подверглась или которые происходят сейчас, можно будет отнести к существующим причинам с такой же уверенностью, с какой движения планет и все их вековые вариации можно отнести к закону всемирного тяготения. Следы глубокой древности, постоянно встречающиеся геологу, дают ту информацию о происхождении вещей, которую мы тщетно ищем в других частях Вселенной. Они датируют начало времен; поскольку есть все основания полагать, что образование земли происходило одновременно с образованием остальных планет; но они показывают, что творение - это работа Того, для кого "тысяча лет - как один день, а один день - как тысяча лет".